

ZEITSCHRIFT  
für  
Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie)  
und  
Pflanzenschutz

mit besonderer Berücksichtigung der Krankheiten  
von landwirtschaftlichen, forstlichen und gärtnerischen Kulturpflanzen.

46. Jahrgang.

September 1936

Heft 9.

## Originalabhandlungen.

(Aus dem mykologischen Laboratorium der Biologischen Reichsanstalt  
für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem.)

### Beiträge zur Kenntnis parasitärer und saprophytischer Pilze.

#### II. Monochaetia und Pestalotia und ihre Beziehung zur Fruchtfäule.

Von H. W. Wollenweber und H. Hochapfel.

Mit 7 Textabbildungen.

#### Inhalt:

##### Einleitung.

Beschreibung der Pilze und ihre Beziehung zur Fruchtfäule

1. *Monochaetia Desmazierii* Sacc.
2. *Pestalotia truncata* Lév.
3. *Pestalotia Sydowiana* Bres.
4. *Pestalotia palmarum* Cooke
5. *Pestalotia cruenta* Syd.
6. *Pestalotia disseminata* Thümen
7. *Pestalotia theobromae* Petch

Zusammenfassung der Ergebnisse.

#### Einleitung.

Im Rahmen unserer etwa dreißig Gattungen meist „*fungi imperfecti*“ umfassenden<sup>1)</sup> Untersuchungen über Fruchtfäule und Pilze sind auch die beiden einander sehr nahestehenden und durch Übergänge verbundenen Gattungen *Monochaetia* (Sacc.) All. und *Pestalotia* DNtrs.<sup>2)</sup>,

<sup>1)</sup> Siehe auch: Wollenweber und Hochapfel: Beiträge zur Kenntnis parasitärer und saprophytischer Pilze I. *Phomopsis*, *Dendrophoma*, *Phoma* und *Ascochyta* und ihre Beziehung z. Fruchtfäule. Z. f. Parasitkde. 8. Bd., 562—605, 1936.

<sup>2)</sup> Die ursprüngliche, lateinisch richtigere Schreibweise „*Pestalotia*“ statt „*Pestalozzia*“ ist hier im Einklang mit Fairman (Mycologia, 5, 245, 1913) und Guba (Phytop., 19, 191, 1929) vorgezogen.

die in verschiedener Hinsicht Interesse haben, berücksichtigt. Systematisch nehmen sie eine Mittelstellung zwischen den *Sphaeropsidales* und *Me-lanconiales* ein, da einige *Pestalotia*-Arten (*P. cruenta* Syd., *P. palmarum* Cke. usw.) unter günstigen Bedingungen schon echte, allseitig geschlossene Fruchtgehäuse (Pykniden) bilden, während bei den meisten gewöhnlich nur die schwarzen sporodochialen oder pionnotalen, frei auf einem flachen, gewölbten oder napfartig eingesunkenen Stroma entwickelten Sporenmassen auftreten.

Diese Pilze sind bei weitem nicht alle genau bekannt. Auch ihre Schadwirkung ist noch wenig geklärt (vgl. Sorauer, Handb. d. Pflanzenkrankheiten, 3. Bd., 2. Teil, 5. Aufl., S. 570—577, 1932), da aus dem Schrifttum nur vereinzelte durch Infektionsversuche bestätigte Berichte über die ursächliche Beteiligung von Vertretern dieser Gattungen bei Pflanzenkrankheiten vorliegen. Verschiedene Arten werden aber häufiger in Verbindung mit Erkrankungen und Beschädigungen genannt. Sie finden sich auf Sämlingen und älteren Pflanzen, Bäumen und Sträuchern, Ästen, Stengeln, Blättern und Früchten der verschiedensten Pflanzengattungen vor. Soviel steht aber fest, daß Früchte von Wunden aus von *Pestalotia* befallen und auch wachsende Organe gelegentlich in Mitleidenschaft gezogen werden können:

In Nordamerika ist nach Brooks und Cooley (J. Agr. Res. 8: 139, 1917) *Pestalotia funerea* Desm. Erreger einer Apfelfäule. Auch *P. truncata* Lév. verdirbt Lagerobst (Äpfel) laut englischen und amerikanischen Untersuchungen. *Pestalotia vaccinii* (Sh.) Guba (Phytop. 19: 201, 1929), syn. *P. Guepini* Desm. v. *vaccinii* Shear, greift in Nordamerika nach Shear Früchte und Blätter von *Vaccinium macrocarpon* an. *Pestalotia palmarum* Cke. schädigt Blätter und Nüsse der Kokospalme sowie auch andere Palmen in Asien und Afrika; und *P. Guepini* Desm. Sämlinge und Früchte des *Avocado*, *Persea gratissima*, in Brasilien und auf Portorico. *Pestalotia leprogena* ist nach G. v. Becze an Reifeschäden der Handelsbananen beteiligt, und eine nicht näher bestimmte *Pestalotia* bei der Entstehung von Stippflecken und Faulstellen an grünen und reifenden Bananen, *Musa Cavendishii*, in Sierra Leone, Afrika (Deighton, 1932). Gäumann (1927) erhielt positive Infektionsergebnisse mit *Pestalotia funerea* an Nußbäumen in der Schweiz. Nach Bally (1928) leiden Kaffee-sträucher in Niederländisch-Indien durch *P. versicolor* Speg. Manche Angaben sind, wie Klebahn (1913), Doyer (1929) und neuerdings Guba in ihren monographischen Studien (Phytop. 19: 191—232, 1929 und Mycologia 24: 355—397, 1932) nachweisen, infolge unsicherer Bestimmung der Pilze schwer auszuwerten.

Die vorliegende Studie behandelt zunächst nur eine *Monochaetia* und sechs *Pestalotia*-Arten, die teils von selbst gesammelten, teils von eingesandten Pflanzenproben isoliert worden sind. Sie werden nach-



folgend kurz gekennzeichnet und beschrieben. Um gleich etwas über ihre Angriffskraft gegenüber Früchten zu erfahren, wurden alle bis auf *P. theobromae* auf Äpfeln geprüft. Die Ergebnisse sind an die Beschreibung angeschlossen.

### Beschreibung der Pilze und ihre Beziehung zur Fruchtfäule.

In Dahlem wurden außer einer *Monochaetia* von kranken Eichen- spitzen, *Monochaetia Desmazierii* Sacc., einige *Pestalotia*-Arten, die mit Ausnahme von *P. truncata* Lév. zur Gruppe *Quinqueloculatae* Klebahn zählen, von Blättern, Ästen und Früchten isoliert. Auf Äpfel übertragen, erzeugten die geprüften Pestalotien eine  $\pm$  schnell fortschreitende Fruchtfäule, während *Monochaetia* versagte. Verfasser sind den Herren Dr. T. Petch, King's Lynn, England und Dr. E. F. Guba, State College, Cedar Hill, Waltham, Massachusetts, U.S.A. für die bei der Beurteilung dieser Pilze geleistete freundliche Hilfe zu besonderem Danke verpflichtet.

1. *Monochaetia Desmazierii* Sacc. (Syll. 18: 485, 1906). — Abb. 1.<sup>1)</sup>  
Syn. *Pestalozzia Saccardoii* Speg. (1879); *P. monochaeta* Desm. (1886).

Von der Gattung *Monochaetia* (Sacc. ut subgen.) Allescher, welche die Pilze mit *Pestalotia* ähnlichen, aber nur mit einer einzigen Scheitelborste versehenen Konidien umfaßt, ist hier nur *M. Desmazierii* untersucht. Sie ist ursprünglich von Eichenblättern aus Norditalien beschrieben und fand sich nun im Botanischen Garten Berlin-Dahlem auf dünnen Triebspitzen von *Quercus pontica* im August 1928 wieder. Sie wuchs bereitwillig in Reinkultur und entwickelte 4-, seltener 5-, vereinzelt 3-, 6- oder 7-septierte spindelförmige Sporen (Abb. 1) in schwarzen Fruchtlagern zwischen weißlichem Luftmycel. Die 4—5-sept. Sporen waren  $23,5 \times 6,2 \mu$  meist  $22-24 \times 5,4-6,9$  ( $18-30 \times 4,5-7$ )  $\mu$  groß, die gebräunte Septalzone (der Rumpf) allein  $16,5$  meist  $16-17$  ( $13-23$ )  $\mu$  lang; die gerade oder peitschenförmig gebogene Scheitelborste maß  $13$  meist  $11-16$  ( $6-20 \times 0,5-1$ )  $\mu$ , der Stiel  $4 \times 0,5$  meist  $2,5$  bis  $5,2$  ( $2-9 \times 0,5-1$ )  $\mu$  und der Sporenträger  $23 \times 2$  ( $20-30 \times 1,5$  bis  $2,5$ )  $\mu$ .

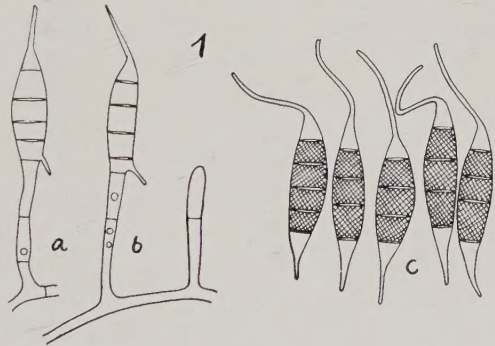


Abb. 1. *Monochaetia Desmazierii* Sacc. von Eichen-Spitzendürre, *Quercus pontica*:  
a, b Sporenträger mit Sporen; c reife Sporen.

<sup>1)</sup> Die Sporen sind bei allen Abbildungen 900fach vergrößert dargestellt.

Infektionsversuche an Äpfeln der Sorte „Schöner von Boskoop“ fielen negativ aus. Nach Graves a. H. (Mycologia 4: 170—174, 1912) erzeugt *M. Desmazierii* (*P. monochaeta* Desm.) Blattflecken an *Quercus rubra* und *Castanea dentata* in U.S.A.

2. *Pestalotia truncata* Lév. (1846). — Abb. 2.

Syn. *Pestalotia truncata* Lév. v. *rubi* Karsten (1896).

*Didymosporium truncatulum* Corda, Icon. fung. 6, fig. 16, 1854.

*Pestalozzia truncatula* (Cda.) Fuck., Symb. myc. S. 391, 1869, ic.

Der Pilz wurde von uns dreimal isoliert und zwar einmal von einem krebsigen Birnenstamme dicht über der Erde, von einer im Oktober

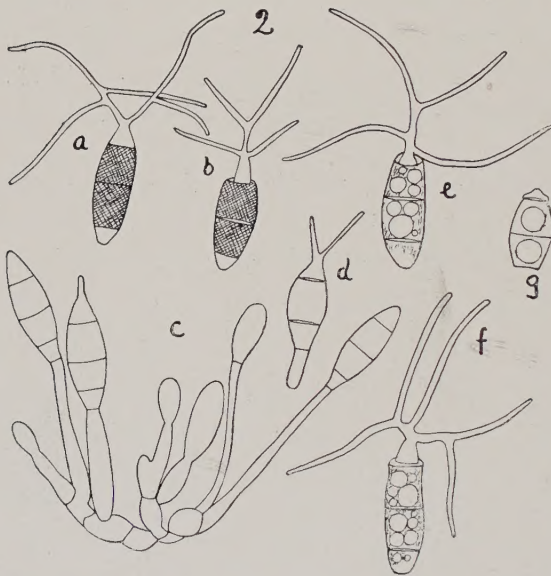


Abb. 2. *Pestalotia truncata* Lév.: a Spore einer Herkunft des Pilzes von Nectriakrebs eines Birnbaumastes, *Pirus communis*, aus Oregon, U.S.A., Okt. 1926 (leg. S. M. Zeller). — b—d Sporen und Sporenträger (c) des Pilzes von einem an der Veredelungsstelle nach dem Zapfenschnitt befallenen Apfelsämling, *Pirus malus*, aus Sachsen (d zeigt ein stielähnliches an der Basis haftengebliebenes Trägerende). — e, f Sporen des Pilzes von einem fußkranken Kiefernämling, *Pinus spec.*, aus einer Baumschule. — g Trockenstufe der Sporen nach Abwurf der Borsten: [Aus Fuckel, *Fungi rhenani* 2137. *Pestalozzia truncatula* (Corda sub *Didymosporio*) Fuck., syn. *P. truncata* Lév., ad *Salicis auritae ramos aridos*, raro; vere; in *sylva Hostriehensi*; 1868 edita.]

1926 von S. M. Zeller übersandten Probe aus Oregon; ferner von einem nach dem Zapfenschnitt über der Veredlung erkrankten Apfelsämling einer Herkunft aus Sachsen, Juli 1935; und von einem fußkranken Kiefernämling (*Pinus* sp.) aus einer Baumschule, Prov. Brandenburg, Juni 1927.

Morphologisch zeigten die Pilzstämme weder in Reinkultur noch in der Natur nennenswerte Verschiedenheiten untereinander. Die Sporen waren 3(2—5)-septiert,  $20 \times 6,2 \mu$ , meist  $15-22 \times 5,7-6,9$  (13 bis  $26 \times 5-8$ )  $\mu$  groß, der mittlere, braune Rumpfkörper war allein 13, meist 12—14 (7—17)  $\mu$  lang, die 2—4 (1—5) oft gabelteiligen Bor-



sten maßen  $23 \times 1$ , meist  $18-30$  ( $10-36 \times 0,5-1$ )  $\mu$ , der „Stiel“, falls vorhanden, maß  $5-10 \times 2$   $\mu$  und die Konidienträger waren meist  $25-50 \times 2$   $\mu$  groß oder länger. Ein Stiel fehlt, obgleich Trägerreste, die gelegentlich und vorübergehend haften bleiben (Abb. 2 d), oder Verlängerungen der Endzelle bei der Keimung hie und da das Vorhandensein eines Stieles vortäuschen.

Auf Äpfel der Sorten „Roter Eiser, Ananas-Renette, Schöner von Boskoop“ und Sämlings-äpfel übertragen, erzeugten die drei Isolationen regelmäßig Fruchtfäule von Wunden aus. Die Faulflecken erreichten in sieben Tagen  $0,5-2$ ; in 14 Tagen  $1-2,5$ ; in 21 Tagen  $2-3$ ; in 28 Tagen  $3-5$ ; in 35 Tagen  $4-6$ ; in 42 Tagen  $5-7$  cm Ausdehnung, und in 49 Tagen erstreckten sie sich meist schon über die halbe Frucht, sodaß kurz darauf die Äpfel ganz verdarben. *Pestalotia*

*truncata* greift also Äpfel ebenso schnell an wie gewisse Arten von *Gloeosporium*, *Phoma*, *Fusarium* und *Cylindrocarpon*. Der Pilz ist in der Natur sehr verbreitet auf Zweigen und Holz von Laub- und Nadelbäumen, Sträuchern usw. Als Frucht-

fäuleerreger ist er unter anderen aus England von Kidd und Beaumont (Trans. Brit. Myc. Soc. 10: 109, 1924) und aus Washington, U.S.A. von Heald und Ruehle (The rots of Wa-

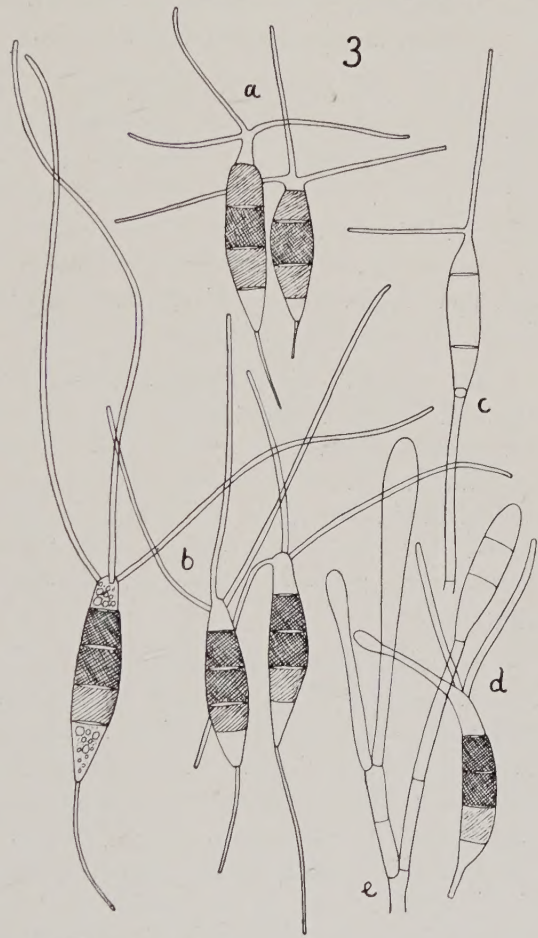


Abb. 3. *Pestalotia Sydowiana* Bres.: a—d Herkunft von kranken Erikenstecklingen aus Hessen; e von abgestorbenen Alpenrosen-Veredelungsreisern, Rhododendron, aus Westfalen: a Sporen von der Schale eines durch *P. Sydowiana* (*Ericae*) faul gewordenen Apfels der Sorte „Schöner von Boskoop“. b Sporen mit sehr langen Borsten aus 3 Monate alter Reinkultur auf Nähragar. c Junge noch am Träger haftende Spore. d Spore, deren eine Borste am Ende verdickt ist. e Sporenträger.

shington apples in cold storage, 1931) erwähnt, aber als *P. Hartigii* Tub. bezeichnet.

3. *Pestalotia Sydowiana* Bres. (1896). — Abb. 3.

Syn. *P. macrotricha* Kleb. (1914).

Dieser ursprünglich auf lebenden, von Sydow in Berlin gesammelten Blättern der *Gaultheria procumbens* beobachtete, mit 4-septierten,  $24-26 \times 8 \mu$  großen, drei Borsten von  $24-38 \mu$  Länge und einen  $5$  bis  $7 \times 1 \mu$  großen Stiel tragenden Sporen beschriebene Pilz kommt auch auf anderen Ericaceen, wie *Rhododendron*, *Azalea* und *Erica* vor. Er wurde in Dahlem von kranken *Erica*-Stecklingen aus Hessen, Dezember 1933, und von einigen über der Veredlungsstelle abgestorbenen *Rhododendron*-Ästen aus Westfalen, August 1933, isoliert.

Die Sporen (Abb. 3) waren 4(3–6)-septiert  $29 \times 6,6$ , meist  $24$  bis  $31 \times 6,1-7,4$  ( $20-38 \times 6-9$ )  $\mu$  groß; die drei dunkelolivfarbenen Rumpffzellen, von denen manchmal die mittlere (Abb. 3 a), öfter die beiden vorderen etwas dunkler (Abb. 3 b, d) als die anderen gefärbt sind, maßen allein  $18$ , meist  $15-19$  ( $13-22$ )  $\mu$ . Die 3–4 (2–5) Borsten waren  $27 \times 1$ , meist  $19-41$  ( $15-100 \times 0,4-1,3$ )  $\mu$ , der Stiel  $11 \times 0,6$ , meist  $5-17 \times 0,5-0,7$  ( $4-32 \times 0,4-1$ )  $\mu$ , die Sporenträger  $30$  bis  $40 \times 2 \mu$ .

Die Isolationen des Pilzes von *Rhododendron* und *Erica* erwiesen sich als Fäulniserreger an Äpfeln der Sorte „Schöner von Boskoop“, die binnen 60–90 Tagen völlig faul wurden. Die Fäule schritt in 14, 28 und 56 Tagen von  $1,5-2$  auf  $2,5-4$  und  $5-7$  cm vorwärts, wobei der *Rhododendron*-Pilz immer etwas schneller und nachhaltiger angriff als der Erikenpilz. 2–3 Wochen nach der Infektion zeigten sich zahlreiche, vorbrechende, nierenförmige braune Pusteln von  $0,3 \times 0,5$  ( $0,27-0,35 \times 0,4-0,6$ ) mm Größe auf der Schale der Fauläpfel. Die Sporen stimmten mit denen der Ausgangskultur überein. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sich dieser Pilz auch einmal auf Kernobst in der Natur vorfindet. Brooks und Cooley nennen bei ihren Untersuchungen über die Wärmebeziehungen von Apfelfäulepilzen (Journ. Agr. Res. 8: 139, 1917) auch *P. funerea* Desm., die zwar nicht hierher gehört, aber immerhin bereits auf die Beteiligung verschiedener Arten bei Kernobstfäule hinweist. Zu prüfen bleiben ferner *P. rostrata* Zab., die von Apfelrinde, und *P. breviseta* Sacc., sowie *P. concentrica* B. et Br., die von Birnenblättern beschrieben sind.

4. *Pestalotia palmarum* Cooke (1875). — Abb. 4.

Syn. *P. phoenicis* Vize (1876); *P. brevipes* Prill. et Del. (1894) und *P. palmicola* Sacc. et Syd. (1899).

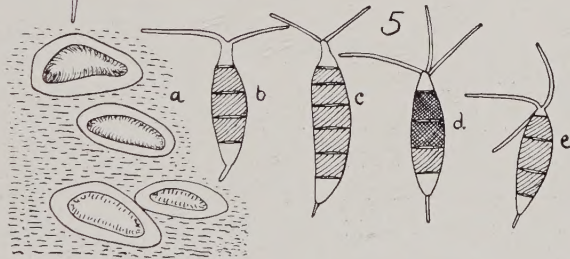


Cooke beschrieb den Pilz ursprünglich von toten Sprossen keimen-der Kokosnüsse aus Bengalen, Indien und fand ihn später auch auf Blättern der Kokospalme, *Cocos nucifera*, aus Demerara, Britisch-Guayana. *P. palmarum* ist nach Guba anscheinend auf Palmen beschränkt und außer auf *Cocos* z. B. noch von *Howea* (*Kentia*) *foresteriana* und *Phoenix dactylifera* bekannt. Die Pusteln des Pilzes sind nach Guba (Phytop. 19: 210, 1929)  $125-425 \times 100-260 \mu$  groß, die Konidien messen 4-sept.  $16,5-21 \times 4,8-6,5 \mu$ , haben 2—3 an den Enden oft verdickte Borsten von  $8,5-20 \mu$  Länge und einen  $2-6,5 \mu$  langen Stiel.

Abb. 4. *Pestalotia palmarum* Cke. von Kokosblättern, *Cocos nucifera*, aus Java (leg. O. A. Reinking, Sept. 1926). Sporen, von deren 5 Zellen bald nur eine, bald zwei Zellen dunkler gefärbt sind als die übrigen.



Abb. 5. *Pestalotia cruenta* Syd. von der Rinde von *Delonix regia* (*Poinciana regia*), Mt. Makiling, Los Baños, Philippinen (leg. Reyes, mis. R. O. Ocfemia, Julio 1927): a Fruchthäusle aus einer 15 Tage alten Kultur auf Lupinestengel (Vergr. 100); b, c Sporen einer Reisolation des Pilzes



von einem durch ihn faul gewordenen Apfel (Sch. von Boskoop). Die 6-septierte Spore (c) stellt eine Ausnahme dar, die Norm ist 4-septiert; d, e Sporen der Ausgangskultur (d mit zwei dunkler gefärbten Zellen; die Norm hat ziemlich gleichmäßig gefärbte Zellen).

Vermutlich derselbe Pilz, wenn auch mit etwas abweichenden Sporenmerkmalen, fand sich auf kranken, von O. A. Reinking im September 1926 in Buitenzorg, Java, gesammelten Blättern von *Cocos nucifera*. Die Sporen waren 4-septiert  $27,5 \times 7,9$ , meist  $24-28 \times 7-8,6$  (18 bis  $30 \times 6-10$ )  $\mu$  groß. Die Septalzone, von der bald die beiden vorderen Zellen, bald nur die mittlere am stärksten gebräunt waren (Abb. 4), hatte  $17 \frac{1}{2}$ , meist  $17-18$  ( $13-21$ )  $\mu$  Länge. Die 2—3 (1—4) Borsten maßen  $24 \times 1$ , meist  $20-31$  ( $9-36 \times 0,5-1,3$ )  $\mu$  und der Stiel  $5,7 \times 0,7$  ( $2-8 \times 0,5-1$ )  $\mu$ . Verdickungen an den Enden der Borsten sind nir-

gends beobachtet worden. Sie fehlen übrigens nicht nur bei unserer Isolation, sondern nach Guba auch in Originalproben von *P. palmarum* Cke. aus Bengalen, Indien. Daher steht nichts im Wege, diesen Palmenspiz zu *P. palmarum* zu ziehen.

Auf Sämlingsäpfel übertragen, erzeugte der Pilz von Wunden aus eine etwas schneller fortschreitende Fäule als *P. Sydowiana* und machte die Früchte binnen Monatsfrist halb und in 42 Tagen ganz faul, während sich die Faulflecken zuvor in 7, 14 und 21 Tagen von 1 auf 3 und 5,5 cm vergrößerten.

5. *Pestalotia cruenta* Syd. (1900). — Abb. 5.

Sydow, H. et Sydow, P. *Fungi novi japonici* (Mem. de l'Herb. Boiss. no. 4, p. 5, 1900); Saccardo, Syll. Fung. 16: 1017, 1902.

Syn. *Pestalozzia sonsensis* P. Hennings in Fl. du Bas- et Moy. Congo (Ann. Mus. du Congo 2, fasc. 3: 229, 1908); Sacc. Syll. Fung. 22: 1221, 1913.

Diese *Pestalotia* ist ursprünglich von der Liliacee *Polygonatum lasianthum* aus Japan beschrieben. Sie fand sich, wie auch die Originalprobe des Pilzes im Botanischen Museum Berlin-Dahlem beweist, zusammen mit einem echten Pustelpilz der *Sphaeropsidales* in roten, in der Mitte blässeren Faulflecken sonst noch grüner, lebender Blätter. Nach der Diagnose sind die in den 0,12—0,18 mm großen, punktförmigen Fruchtlagern entwickelten 4-septierten länglich-spindelförmigen Sporen  $18-24 \times 5-6,5 \mu$  groß und tragen eine bis vier etwa  $12-20 \mu$  lange Borsten. Auch die erneute Prüfung ergab ganz ähnliche Ausmessungen, nämlich 4-sept.  $21 \times 5,8$ , meist  $18-26 \times 5,5-6,1$  ( $15-28 \times 5-7$ )  $\mu$ ; der Rumpf allein maß 14, meist  $13,5-14,5$  ( $12-16$ )  $\mu$ , die 2—3 (1—4) Borsten maßen  $16 \times 0,8$ , meist  $14-20$  ( $10-22 \times 0,5-1$ )  $\mu$  und der ziemlich kurze Stiel am Ende 4,4, meist  $4-5$  ( $2-12 \times 0,5-1$ )  $\mu$ .

Anscheinend ist diese Art ebensowenig wie andere spezialisiert, da morphologisch übereinstimmende Vertreter auf anderen Pflanzengattungen vorkommen. Im Sommer 1927 sandte R. O. Ocfemia aus Los Baños Rindenteile von *Delonix (Poinciana) regia* ein, die von Reyes am Mt. Maquiling auf den Philippinen gesammelt waren. Die in dieser Probe vorhandene und dann in Reinkultur genommene *Pestalotia* entwickelte Sporen von derselben Gestalt, Septierung und Größe wie *P. cruenta*. Außer 4-septierten Sporen wurden vereinzelt noch 3-, ausnahmsweise auch 5—8-septierte Sporen beobachtet. Deutliche lins- bis eiförmige  $0,08-0,15$  ( $0,06-0,11 \times 0,1-0,2$ ) mm große Fruchthäuser entstanden in Reinkultur auf Lupinenstengel. Hennings beschreibt seine wahrscheinlich ebenfalls hierhergehörige *P. sonsensis* von einer anderen Leguminose und zwar von Blättern des Johannesbrot-



baumes, *Ceratonia* sp., aus Sonso im Kongostaate, Afrika (leg. Vanderyst) mit 4-sept. 18—22  $\mu$  langen (Rumpf 15—18  $\times$  6—7  $\mu$ ), drei 18—22  $\mu$  lange Borsten und einen 18  $\times$  1  $\mu$  großen Stiel tragenden Sporen. Der Stiel ist bei dem Pilze von *Delonix* etwas kürzer. Im übrigen stimmen die Beschreibungen gut überein.

Vorkommen. *P. cruenta* ist nach den bisherigen Untersuchungen also in Japan, auf den Philippinen und in Afrika nachgewiesen und zwar: mit einem anderen Pustelpilze assoziiert in Blattflecken von *Polygonatum lasianthum*, Takan prov. Murashi, Japan (Kusano, Sydow); auf Blättern des Johannesbrotbaumes, *Ceratonia* sp., Sonso, Congo, Afrika (Vanderyst, Hennings); und auf Rindenteilen von *Delonix (Poinciana) regia*, Mt. Maquiling, Philippinen (leg. Reyes, com. R. O. Ocfemia),

Ökonomische Bedeutung. Besondere durch den Pilz bewirkte Schädigungen an den genannten Pflanzen sind bisher nicht nachgewiesen. Auf einen Apfel der Sorte „Schöner von Boskoop“ überimpft, erzeugte *P. cruenta* (von *Delonix*) von Wunden aus erst nach 28 Tagen einen Faulfleck von 0,5 cm, der dann in 35, 42, 49 und 56 Tagen 1; 1,5; 2,5 und 4,5 cm Ausdehnung erreichte und schließlich die ganze Frucht ergriff. Eine weitere Einstichimpfung versagte, und auch Früchte einer nicht bestimmten Apfelsorte widerstanden dem Pilze.

#### 6. *Pestalotia disseminata* Thümen (1881). — Abb. 6.

Diese von abgestorbenen Blättern des *Eucalyptus globulus* aus Portugal (leg. Moller) beschriebene Art von Thümen (Contr. Myc., Lusit. no. 578; Inst. Rev. sci. e litt., Coimbra 28: 48, 1881; cf. Sacc., Syll. 3: 784, 1884) wurde 1934 in Proben aus Tanganyika, Ostafrika, eingesandter Eucalyptusblätter wieder aufgefunden. Die spindelförmigen geraden oder etwas gekrümmten Sporen (Abb. 6) waren 4-septiert 28  $\times$  7,8, meist 24—33  $\times$  6,7—9 (20—40  $\times$  6—11)  $\mu$  (beschrieben 20—26  $\times$  6—10  $\mu$ ), der Rumpf, von dem die beiden vorderen Zellen oder nur die mittlere Zelle stärker gebräunt waren als die übrigen, maß 18, meist 16—21 (13—25)  $\mu$ , die 3 (2—4) Borsten waren 26  $\times$  1, meist 15—41 (8—60  $\times$  0,5—1,3)  $\mu$  und der Stiel 6,1  $\times$  0,5, meist 5—7,6 (2 bis 9  $\times$  0,5—1)  $\mu$  groß.

Wundinfektionen von „Boskoop“-Äpfeln mit dem Pilze führten zu einer langsamen, in 14 bzw. 21 Tagen 1,5 und 2,5 cm Durchmesser erreichenden Fäule.

#### 7. *Pestalotia theobromae* Petch (1925). — Abb. 7.

Der Pilz ist (Ann. Roy. Bot. Gard. Peradeniya 9: 325, 1925), wie folgt, beschrieben: „Spots irregular, more or less orbicular, dark brown to blackish brown, faintly zonal, surrounded by a narrow pale green border; acervuli epiphyllous, circular, 0,15 mm diam., or elongated

0,3 × 0,15 mm; spores fusoid, fourseptate, with three central, coloured cells, triciliate, 15—20 × 5—7 (without pedicel or cilia), coloured cells 12—16 long; pedicel about 4 long; cilia short, up to 12 long. On leaves of *Theobroma cacao* L., Pallekelle, Ceylon, April 1922; no. 6392.“

Hiermit stimmt eine *Pestalotia* von trockenfaulen Kakaofrüchten, die R. O. Ocfemia im Oktober 1925 auf den Philippinen sammelte und nach Dahlem sandte, abgesehen von geringen, wohl durch das Wachstum auf künstlichen Nährböden bedingten Abweichungen, ziemlich gut überein<sup>1)</sup>. Sie entwickelte in Reinkultur 4-septierte 22,6 × 7,9, meist 21—24 × 6,9—8,8 (20—30 × 5,5—10)  $\mu$  große Sporen. Von den drei gebräunten zusammen 14,8, meist 14—16 (12—20)  $\mu$  langen

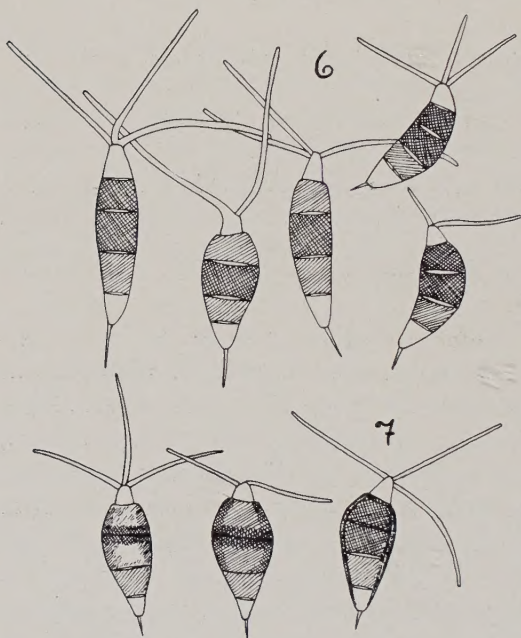


Abb. 6. *Pestalotia disseminata* Thüm. von graufleckigen *Eucalyptus*-Blättern aus Tanganjika, Ostafrika (dedit Braun, Stade, Julio 1934): Sporen verschiedener Gestalt.

Abb. 7. *Pestalotia theobromae* Petch von trockenfaulen Früchten des Kakaobaumes, *Theobroma cacao*, einer Herkunft aus Los Baños, Philippinen (misit R. O. Ocfemia, Oct. 1925): Drei Sporen, von denen die ersten beiden das den Pilzen aus dem Formenkreise der *P. versicolor* Speg. eigentümliche breite verschwommene Band des dunkler gefärbten Zellenpaares der Septalzone zeigen.

Rumpfzellen zeigten die beiden vorderen Zellen ein breites, verschwommenes Band (Abb. 7) und erschienen dadurch dunkler als die hintere Zelle. Die 3 (2—4) Scheitelborsten hatten Ausmessungen von 18,5 × 1, meist 16—21 (12—30 × 0,5—1,3)  $\mu$  und der Stiel solche von 3,8 × 0,5, meist 3—4 (2,5—7 × 0,3—1)  $\mu$ . Die Art dürfte eine Mittelstellung zwischen *P. versicolor* Speg. und *P. virgatula* Kleb. einnehmen. Infektionsversuche an Früchten sind mit *P. theobromae* nicht angestellt.

<sup>1)</sup> Nach brieflicher Mitteilung von April 1936 hält auch Dr. T. Petch eine Übereinstimmung des vorliegenden Fruchtfäulepilzes mit seiner von Blättern beschriebenen *P. theobromae* für durchaus wahrscheinlich.



### Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die folgenden sieben Pilze in zehn Isolationen sind untersucht, bestimmt, kurz beschrieben und außer der letztgenannten Art im Wundinfektionsversuch gegenüber Äpfeln geprüft:

*Monochaetia Desmazierii* Sacc. von Eichen-Spitzendürre (*Quercus pontica*);

*Pestalotia truncata* Lév. von *Nectria*-Krebs der Birne (*Pirus communis*), Apfel- (*Pirus malus*-) und Kiefern- (*Pinus*-) Sämlingen;

*Pestalotia Sydowiana* Bres. von Erikenstecklingen (*Erica*) und Alpenrosenästen (*Rhododendron*), alle drei Arten von deutschen Proben;

*Pestalotia palmarum* Cke. von Kokosblättern (*Cocos nucifera*) aus Java;

*Pestalotia cruenta* Syd. von *Delonix*-(*Poinciana*-)Blättern aus den Philippinen;

*Pestalotia disseminata* Thümen von Eukalyptusblättern, Tanganyika, Ostafrika;

*Pestalotia theobromae* Petch von Kakaofrüchten (*Theobroma cacao*) aus den Philippinen.

Alle geprüften Arten, außer *Monochaetia Desmazierii*, erwiesen sich als Erreger von Apfelfäule.

Die *Pestalotia*-Fäule der Äpfel schreitet verhältnismäßig langsam fort und führt bei Zimmerwärme erst binnen 1½—2—3 Monaten zum völligen Verderben der Früchte. (III. Beitrag folgt.)

## Die Wirkung von Rohbenzol auf das Pflanzenwachstum.

Von Regierungsrat Dr. W. Speyer (Stade).

(Mit 7 Abbildungen.)

Bei den Arbeiten zur Unterdrückung von Kartoffelkäferherden ist in Deutschland bisher stets größter Wert darauf gelegt worden, nach dem sorgfältigen Absammeln der Insekten die Kartoffelpflanzen der befallenen und befallsverdächtigen Äcker zu vernichten und darauf den Boden durch Tränkung mit chemischen Mitteln möglichst gründlich zu entseuchen. Im Jahre 1877 wurde dabei nach den Anweisungen von Prof. Gerstäcker-Greifswald in der Weise vorgegangen, daß die Pflanzen abgemäht, mit Sägespänen und Lohe bestreut, mit Petroleum begossen und verbrannt wurden. Hierauf wurden die geräumten Äcker geschält, mehrmals gründlich geeeggt und mit Kalilauge begossen. Dieses Verfahren der Bodenentseuchung war von dem bei der Bekämpfungskaktion als Reichskommissar mitwirkenden Prof. Dr. Sell-Berlin vom

Reichsgesundheitsamt erdacht und angeordnet worden. Die Kalilauge wurde an Ort und Stelle aus Pottasche und Kalkmilch hergestellt und in einer Menge von 100 hl auf 1 ha zur Anwendung gebracht. Im Jahre 1887 wurde in derselben Weise vorgegangen, nur wurde an Stelle der Kalilauge Rohpetroleum zur Bodenentseuchung benutzt. Im Jahre 1914 änderte der als Reichskommissar bei Stade mitwirkende Dr. M. Schwartz-Dahlem das Verfahren in der Art, daß er die Kartoffelpflan-



Abb. 1. Sauerkirschbaum mit Absterbeerscheinungen auf dem ehemaligen Herd E (1934 mit Benzol behandelt.)

zen in 2 m tiefe Gruben bringen, mit Rohbenzol tränken und mit Erde bedecken ließ. Zur Bodenentseuchung wurde gleichfalls Rohbenzol benutzt, das nach einigen Vorversuchen in einer Menge von 4—5 Liter je Quadratmeter auf den Äckern mit Gießkannen verteilt wurde. Das Verfahren, das sich bewährt und auch zu keiner nennenswerten Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums in den nächsten Jahren geführt hatte, wurde bei dem erneuten Auftreten des Kartoffelkäfers bei Stade im Juli 1934 von Schwartz wiederum zur Anwendung gebracht.



Auch hier wurden die Pflanzen in 2—3 m tiefen Gruben mit Rohbenzol übergossen, festgestampft und mit Erde überdeckt. (Schwartz, briefliche Mitteilung und Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst XIV, Nr. 8, 1934; Langenbuch, Mitteilungen aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, Heft 52, 1936.) Die Herde selbst wurden ebenfalls mit Rohbenzol überbraust; hierbei kamen auch wieder 4—5 Liter Benzol auf den Quadratmeter. — Im folgenden Jahre konnte auf die Anwendung



Abb. 2. Sauerkirschbaum mit den gleichen Absterbeerscheinungen auf nicht behandeltem Boden.

des Benzolverfahrens verzichtet werden, da nur noch 5 Käfer, 2 Ei-gelege und 27 Junglarven und zwar nur an einer Stelle, gefunden wurden. Für 1936 ließen sich die Arbeiten so stark weiter einschränken, daß dem Berichterstatte neben seinen anderen Aufgaben die Leitung des Suchdienstes übertragen werden konnte. Bisher (Ende Juli 1936) sind noch keine Käfer, Eier usw. gefunden worden.

Obwohl also Rohbenzol nur im Jahre 1934 zur Anwendung gekommen war, macht sich jetzt noch (im Juni 1936) an einigen Stellen der

alten Herde, besonders bei heißem und sonnigem Wetter, ein deutlicher Benzolgeruch bemerkbar. Ferner zeigen die Feldfrüchte (vornehmlich Roggen, weniger Kartoffeln und Mohrrüben) an einigen, mehr oder weniger scharf umgrenzten Flächen einen auffallend schlechten Wuchs oder sie fehlen vollständig.

Eine genauere Untersuchung ergab folgendes:

1. Auf den mit Benzol vorschriftsmäßig begossenen Flächen sind keinerlei schädliche Nachwirkungen zu beobachten. Benzolgeruch ist nicht oder nur in Spuren feststellbar<sup>1)</sup>. Roggen, Kartoffeln, Lein und Mohrrüben wachsen völlig normal. Sauerkirschen-Buschbäume, die seinerzeit auch oberirdisch unmittelbar von dem Benzol getroffen worden waren, gingen z. T. schon 1934 und 1935 ein. Einige



Abb. 3. Fehlstelle an der SO.-Ecke des jetzt mit Roggen bestellten ehemaligen Herdes D.

Bäumchen starben erst im Frühjahr 1936 völlig ab. Sehr verbreitete eigenartige Absterbeerscheinungen an einzelnen Zweigen (Abb. 1 und 2)<sup>2)</sup>, die sich 1936 bemerkbar machten und vom Besitzer ebenfalls als Nachwirkung der Benzolbehandlung gedeutet wurden, sind parasitärer Ursache (Raupenfraß, ? Kirschblütenmotte); sie finden sich auch an zahlreichen Bäumchen eines angrenzenden, aber nicht mit Benzol behandelten Feldes. Die kranken Zweige haben sämtliche Blüten verloren,

<sup>1)</sup> Auch wo der typische Benzolgeruch jetzt nicht mehr feststellbar war, ließ sich die vorausgegangene Benzolbehandlung durch Erhitzen des Bodens im Reagensrohr nachweisen: es entwickelte sich ein mehr oder weniger starker honigartiger Duft.

<sup>2)</sup> Sämtliche photographischen Aufnahmen wurden am 13. und 18. Juni 1936 gemacht.





Abb. 4. Schlechter Wuchs von Roggen und Kartoffeln an der Stelle der Benzolgrube von Herd B.



Abb. 5. Sehr schlechter Wuchs von Roggen an der Stelle der Benzolgrube von Herd C.



Abb. 6. Schlechter Wuchs von Möhren an der Stelle der Benzolgrube von Herd E.



Abb. 7. Fehlstelle in Roggen an der Stelle der Benzolgrube von Herd D.



während die grundständigen Deckblätter der Blütenbüschel zwar Fraßspuren zeigen, aber grün geblieben sind. Diese Zweige haben auch keine neuen Triebe gebildet. — Eine 20 qm große und einige kleinere Flächen des Herdes D, der jetzt mit Roggen bestellt ist, bieten ein sehr auffallendes Bild (Abb. 3). Hier wächst — scharf abgegrenzt gegen die gesunden Umgebungen — weder Roggen noch Unkraut. Der Boden riecht sehr stark nach Benzol. Es ließ sich noch feststellen, daß dieser Herd 1934 infolge besonderer Umstände eine weit über das Normale hinausgehende Menge von Benzol erhalten hat: 72 Fässer mit je 250—500 Liter Benzol auf rund 1800 qm, das sind im Durchschnitt etwa 15 Liter pro Quadratmeter.

2. Besonders auffallend aber sind die ehemaligen Benzol-Kraut-Gruben. Obwohl seinerzeit darauf geachtet worden war, daß beim Zuwerfen der Gruben der tote weiße Sand des Untergrundes wieder nach unten, und der Mutterboden oben darauf kam, ließ sich ein Vermischen der Erdschichten nicht völlig vermeiden. Infolgedessen sind diese Stellen noch jetzt schon an der hellen Färbung des Bodens deutlich zu erkennen (Abb. 4—7). Auf keiner dieser Stellen ist der Pflanzenwuchs völlig normal. Wo die Erde jetzt nur schwach nach Benzol (aber beim Erhitzen stark nach Honig) riecht, sind die Pflanzen (Roggen, Kartoffeln und Möhren) recht kümmerlich entwickelt, der Übergang zu den normalen Pflanzen der Umgebung erfolgt allmählich (Abb. 4—6). Wo dagegen der Benzolgeruch sehr stark ist, fehlt jeglicher Pflanzenwuchs. Auf dem oben schon erwähnten Herd D sind die Grenzen der Fehlstelle ganz scharf; die Fehlstelle der ehemaligen Grube (Abb. 7) bietet also ein ähnliches Bild, wie die durch zu starkes Begießen entstandenen Fehlstellen auf dem gleichen Herd, nur daß letztere nicht so gradlinig begrenzt sind. Bis zu 1 m Tiefe wurde jetzt die ehemalige Grube des Herdes D angebohrt; der Benzolgeruch blieb fast unvermindert stark.

Aus dieser Feststellung geht hervor, daß die Zerstörung des Mutterbodens an den Stellen der ehemaligen Gruben zwar das Wachstum der Pflanzen ungünstig beeinflusst, daß aber völlige Unfruchtbarkeit des Bodens nur durch große Benzolmengen verursacht wird. Die für das Begießen von Käferherden vorgeschriebene Menge von 4—5 Liter Rohbenzol je Quadratmeter ist für das Pflanzenwachstum bereits in dem auf die Behandlung folgenden Jahre völlig ungefährlich. Es wird bei späteren Gelegenheiten darauf zu achten sein, daß diese Menge keinesfalls wesentlich überschritten wird. Die Benzolgruben verursachen in jedem Falle eine mehrjährige Schädigung der betroffenen Landwirte.

Aus dem chemischen Laboratorium der Bundesanstalt für Pflanzenschutz  
in Wien.

## Über den Zerfall des Kupferkalkbrühe-Komplexes.

(Ein analytischer Beitrag zur Kenntnis des „wasserlöslichen“  
Kupfers.)

Von Dr. Paul Reckendorfer.

Die fungizide Wirkung der Kupferkalkbrühe ist wohl als eine „Giftwirkung“ anzusprechen, zumal es sich bei ihr um eine Abtötung von Krankheitserregern pilzlicher Art handelt. Da man nun als „Gift“ schlechthin einen chemischen Stoff bezeichnet, der imstande ist, auf die lebende Zelle schädlich bzw. tödlich zu wirken, muß die Kupferkalkbrühe zweifellos über einen wirksamen Stoff verfügen, der im Verlaufe ihrer „Giftwirkung“ in den Bereich der Zelle, d. h. des lebenden Protoplasten einzudringen vermag. Nach den letzten Forschungsergebnissen wird der Protoplast als kolloid-disperses System aufgefaßt und die „Wirkung“ eines „Giftes“ als folgerichtige Veränderung im chemischen Aufbau des Plasmas erklärt. Es ist klar, daß ein derartiger Eingriff in den Lebenshaushalt der Zelle als störend und nachteilig empfunden werden muß. Ob die Giftwirkung durch Adsorption oder Dissoziation, mit oder ohne chemische Reaktionsfolge zustande kommt, ob einfache oder komplizierte osmotische Vorgänge dabei eine Rolle spielen, ob chemische Reduktions- und Oxydationserscheinungen maßgeblich daran beteiligt sind und ob schließlich auch katalytische Erwägungen zur Interpretation einer Giftwirkung herangezogen werden, immer handelt es sich letzten Endes um eine Umwälzung im kolloidalen Zustand des Plasmas, die zwangsläufig eine grundlegende Änderung der Lebensvorgänge in der Zelle nach sich ziehen muß.

Die Giftwirkung bei der Kupferkalkbrühe scheint weniger in einer Abtötung der in Frage kommenden Pilzhyphe, die ja, als im Blattgewebe befindlich, von der Spritzbrühe selbst kaum erreicht werden, begründet zu sein, als vornehmlich in einer Hemmung bzw. Verhinderung der Sporenkeimung. Da die in der spritzfertigen Kupferkalkbrühe enthaltenen Kupferverbindungen kolloidaler Natur und als Ausflockungen wasserunlöslich sind, geht wohl die Frage dahin, wie diese im spritzfertigen Zustande wasserunlöslichen Komplexe wohl jene fungizide Wirkung auslösen können, die man bei der seit Jahrzehnten in der Praxis gebräuchlichen Kupferkalkbrühe als bekannt und gewohnt voraussetzt und hinnimmt.

Die moderne Literatur kennt nun verschiedene Theorien, die zur Erklärung der Wirkungsweise der Kupferkalkbrühe herangezogen worden sind.



Die erste und wahrscheinlichste Theorie (1) (2) (3) erklärt die Wirksamkeit der Kupferkalkbrühe als eine Reaktionsfolge der auf die Spritzflecken einwirkenden Kohlensäure der Luft, wodurch bei Gegenwart von Niederschlägen wasserlösliche Verbindungen entstehen, denen eine vorzügliche fungizide Wirkung nicht abgesprochen werden kann.

Eine zweite Theorie (4) (5) (6) (7) wieder nimmt an, daß aus der Wirtspflanze und aus den Pilzsporen exosmierende Stoffe auf die an sich unlösliche Kupferkalkbrühe eine lösende Wirkung ausüben und solcher Art eine teilweise Bereitstellung des in den Spritzflecken enthaltenen Kupfers als fungizides Agens erfolgt.

Die dritte Theorie (8) (9), die Wortmann und Killing als Verfechter hat, erklärt die fungizide Wirkung der Kupferkalkbrühe als auf einem Strahlungsphänomen beruhend und führt aus, daß durch eine „elektronegative Strahlung“ die Pilzsporen abgetötet werden und gleichzeitig die Wirtspflanze, vornehmlich die Blätter, gegenüber den Angriffen des Parasiten widerstandsfähiger gemacht werden.

In einer vierten Theorie (10) wird das Kupfer gar nicht als der wichtigste Bestandteil der Kupferkalkbrühe angesehen, sondern hauptsächlich den basischen Brühenelementen die ausschlaggebende Giftwirkung zugeschrieben.

Die fünfte Theorie, die von Gard (11) aufgestellt wurde, glaubt in einer ungünstigen physikalischen Beeinflussung der Rebblätter durch den Spritzvorgang, etwa im Sinne einer nachfolgenden schweren Benetzbarkeit derselben, verbunden mit raschem Antrocknen und Trockenheit der Blattflächen, für die Peronosporasporen jedwede Lebensmöglichkeit von vornherein ausgeschaltet zu haben.

Schließlich wird von manchen Autoren (12) auch die durch Schattenwirkung des Spritzbelages abgedämpfte Lichtzufuhr bei starker Sonnenstrahlung und die damit verbundene Begünstigung der Assimilation als Ursache der Zunahme des Chlorophyll- und Zuckergehaltes und damit als gesundheitsförderndes, immunisierendes Moment aufgefaßt. Ja Barth (4) nimmt sogar an, daß das Kupfer der Kupferkalkbrühe in die Wirtspflanze eindringt und diese solcherart durch aktive Immunisierung vor dem Angriffe des Parasiten geschützt wird. Andere Autoren wieder glauben nicht an ein Eindringen von Kupfer in das Blattinnere (12), sondern nehmen bestimmte „chemotaktische Reize“ des auf der Blattfläche sich befindenden Kupfers an.

Es blieb der 1924 erschienenen hervorragenden Arbeit Schmidt's (13) überlassen, auf Grund umfangreicher bakteriologischer Versuche, die zum Zwecke der Überprüfung der meisten der vorbeschriebenen Theorien durchgeführt wurden, auszusprechen, daß dort, wo eine Wirkung, also ein prophylaktischer Schutz erfahrungsgemäß erzielt wird, ein solcher im allgemeinen so zustande kommen muß, daß durch die

Anwesenheit des infolge Einwirkung der Luftkohlenensäure gelösten Kupfers eine Umstimmung des normalen, keimphysiologisch günstigen Zustandes eintritt, in einen Zustand, der schließlich zu einer Hemmung des Pilzes führt. Mit der Verhinderung einer Infektion ist aber praktisch der Zweck erreicht, den ein Pflanzenschutzmittel haben soll, das als prophylaktisch wirksam bezeichnet werden kann.

Es mag somit zusammenfassend erkannt werden, daß die erste, von Millardet begründete Theorie, den wirklichen Verhältnissen wohl am nächsten kommt und die fungizide Wirkung der Kupferkalkbrühe höchstwahrscheinlich ausschließlich in der unter Mitwirkung atmosphärischer Einflüsse vorsichgehenden Bildung wasserlöslicher Kupferverbindungen, die erfahrungsgemäß eine hervorragende fungizide Wirkung entfalten können, ihre Ursache hat.

Vor etlichen Jahren erschien von A. Wöber eine Abhandlung: „Über die chemische Zusammensetzung der Kupferkalkbrühe“, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, Bd. 29, 1919, in der über die genauen chemischen Vorgänge bei der Herstellung der Kupferkalkbrühe näher berichtet und gleichzeitig mitgeteilt wurde, daß bei der Bereitung derselben nach dem Durchlaufen der Reaktionsphasen I ( $\text{CuSO}_4 \cdot 3 \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ ) und II ( $\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ ) im Bereiche der Phase III die nunmehr sich am basischen Kupferkomplex anlagernde Kalkmenge (Phase III<sub>1</sub> und Phase III<sub>2</sub>) zuerst wohl von der überschüssig zugesetzten Menge  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  abhängig ist, dann aber bald konstant wird. Bei dem ungefähren Gleichgewicht 1 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  zu 0.5 g CaO (0.661 g  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ist der Höhepunkt der molekularen Kalkaufnahme und somit die Phase III<sub>2</sub> ( $\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 3 \text{Ca}(\text{OH})_2$ ) erreicht. Von da ab wird bei weiterer Kalkzugabe nur im Bodenkörper die  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Menge gesteigert (Phase III<sub>3</sub>), ohne daß die Zusammensetzung des Kupferkomplexes eine molekulare Änderung erfahren würde. Was die physikalischen Eigenschaften des Brühensedimentes betrifft, so sei vorweggenommen, daß es sich um ein Hydrogel wechselnder Zusammensetzung handelt (14), welches leicht der Dehydratation unterliegt, womit das reversible Verhalten dieses kolloidalen Körpers festgelegt erscheint. Bezüglich der Herstellung der Kupferkalkbrühe herrschen heute ziemlich geklärte Verhältnisse. Auf Grund eingehender Versuche empfehlen heute die österreichischen und reichsdeutschen Fachleute (15) die Bereitung schwach alkalischer Kupferkalkbrühen. Die für Freilandverhältnisse ideale Kupferkalkbrühe wäre wohl die vom Aufbau der Phase II, die im Zustande ihres Entstehens vorübergehend alkalisch, aber schließlich doch dauernd neutral ist und einer hydrolytischen Spaltung nicht mehr unterliegt. Diese Brühe ist aber wegen ihres wohl abgewogenen Gleichgewichtszustandes in der Praxis nicht herstellbar. So kommt als gut brauchbare Kupferkalkbrühe nur der erste Entstehungszustand



der Phase III, also die Phase  $\text{III}_1$ , in Betracht. Phase  $\text{III}_1$  mit ihrem molekularen Aufbau  $(\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 1 \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot x \text{H}_2\text{O})$  ist eine dauernd schwach alkalische Brühe, die als Ergebnis einer Anlagerung (nicht Anreicherung!) von einem Molekül  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  an den Komplex der Phase II aufzufassen ist. Für die Bereitung der sehr empfehlenswerten, weil ganz schwach alkalischen Brühe  $\text{III}_1$  wären theoretisch für 1 g Kupfervitriol rund 0.8 g Speckkalk (mit etwa 40 %  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) notwendig. Doch nimmt man am besten immer 1 g Speckkalk, weil derart auch auf eine schlechte Beschaffenheit des Kalkes (Sand, Kohlenatgehalt usw.) bereits Rücksicht genommen ist. Die Phasen  $\text{III}_2$  ( $\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 3 \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ ) und  $\text{III}_3$  ( $\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 3 \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot x \text{H}_2\text{O} + x \text{Ca}(\text{OH})_2$ ) kommen als hoch überalkalisierte Brühen wegen Verbrennungsgefahr überhaupt nicht in Betracht.

Zur Erklärung der fungiziden Wirkung der Kupferkalkbrühe sind also die ausführlich vorbesprochenen Theorien aufgestellt worden. Die wahrscheinlichste dieser Theorien (Millardet) geht nun von der vorzüglichen fungiziden Wirkung wasserlöslicher Kupferverbindungen aus (16) und man glaubt sich zur Annahme berechtigt, daß unter dem Einflusse der Kohlensäure der Luft eine sehr langsame Lösung des in den eingetrockneten Spritzflecken enthaltenen Kupfers erfolgt. Es geht nun zunächst einmal die Frage dahin, in welcher Art atmosphärische Einflüsse im Rahmen chemischer Prozesse eine Formveränderung im Sinne eines molekularen Umbaus an der frischverspritzten Kupferkalkbrühe durchzuführen imstande sind.

Bei der Verwendung von Kupferkalkbrühe als Spritzmittel gestaltet sich der Aufbereitungsvorgang in der Natur folgendermaßen: Die im Freiland auf den Pflanzenteilen (Blattunterseiten) versprühte Brühe trocknet auf denselben unter Wasserverlust ein, sodaß das nunmehr wasserfreie (dehydratisierte) Brühensediment den Einflüssen der Atmosphäre, zunächst wohl in erster Linie der Kohlensäure der Luft, ausgesetzt ist. Das eingetrocknete Brühensediment, welches vornehmlich durch den Molekularkomplex der Phase  $\text{III}_1$  dargestellt wird, nimmt nunmehr langsam, aber stetig Kohlensäure aus der Luft auf, womit eine durchgreifende chemische Veränderung des blauen Kupferkomplexes der Phase  $\text{III}_1$  vor sich geht. Phase  $\text{III}_1$  wird durch die Kohlensäure der Luft allmählich zerlegt unter Bildung von  $\text{CaCO}_3$  und Rückbildung von basischem Kupfersalz der Phase II, sodaß jetzt die Moleküle  $\text{CaCO}_3$  und  $(\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{Cu}(\text{OH})_2)$  nebeneinander bestehen. Die fungizide Wirkung der Kupferkalkbrühe wird somit wohl aus diesem maßgeblich durch die Phase II gekennzeichneten Endzustand des eingetrockneten Brühensedimentes abzuleiten sein. Ob es bei dem im Rahmen der Phase II ausgebildeten Mischungszustand bleibt oder ob

das lufttrockene Molekül der Phase II unter weiterer Aufnahme von  $\text{CO}_2$  schließlich in basisches Kupferkarbonat übergeht, werden die nachfolgenden Erörterungen klarstellen. Vorläufig ist dieser Umstand auch von untergeordneter Bedeutung. Wichtig ist vorderhand nur, daß das auf den Pflanzenteilen eingetrocknete Brühensediment unter dem Einflusse der Kohlensäure der Luft einen molekularen Umbau erfahren hat. Es fragt sich nun, wie und in welcher Weise das lufttrockene und bereits umgeformte Brühensediment unter neuerlicher Einwirkung von Luftkohlensäure und im gleichzeitigen Verein mit Luftfeuchtigkeit bzw. Niederschlagswasser wasserlösliches und somit wirksames Kupfer abspalten kann, um solcherart befähigt zu sein, seine Giftwirkung auch im prophylaktischen Sinne zu entfalten?

Um diese Problemstellung erschöpfend und hinreichend beantworten zu können, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, einen Fragenkomplex auszuarbeiten, der in seinem Aufbau und in seiner Bearbeitung ein Versuchsprogramm mit einer erfolgreichen Versuchslösung darstellt.

### Versuchsprogramm.

- Frage 1. Unter welchen vorbereitenden Umständen können aus dem eingetrockneten Brühensediment lösliche, wirksame Kupferverbindungen abgespalten werden?
- Frage 2. Spielt bei diesem Abspaltungsprozeß der Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre (Luftfeuchtigkeit, Niederschläge) eine maßgebliche Rolle?
- Frage 3. Ist das lufttrockene, karbonathaltige Brühensediment aus sich heraus imstande, etwa durch Hydrolyse, die für den Abspaltungs-(Lösungs-)prozeß notwendigen Vorbedingungen (Wasserstoffionenkonzentration) bereitzustellen oder bedarf es zur Elimination von löslichem Kupfer unbedingt des Einflusses der Kohlensäure der Luft?
- Frage 4. Sind die gelösten Kupferverbindungen kolloidaler oder kristalloider Natur?
- Frage 5. Wird der Komplex des Brühensedimentes als solcher gelöst oder wird er in seine löslichen Komponenten aufgespalten?
- Frage 6. In welcher Richtung kann die chemische Zusammensetzung (Formel) des gelösten Kupfersalzes bestimmt oder vermutet werden?
- Frage 7. Ist der Abbau löslichen Kupfers aus dem komplexen Brühensediment begrenzt oder kann er bis zum Molekülverbrauch fortgesetzt werden?
- Frage 8. Welche zeitliche Begrenzung kann für die Dauer des Lösungsprozesses im Freiland angegeben werden?
- Frage 9. Besteht die Möglichkeit, die Menge des löslichen und somit wirksamen Kupfers je Quadratzentimeter Blattfläche auf dem Wege der Analyse und Berechnung zu erfassen?
- Frage 10. Kann aus der gefundenen Menge Kupfers je Quadratzentimeter Blattfläche eine Schlußfolgerung für die zeitliche Anwendung der Kupferkalkbrühe im Freiland gezogen werden?



### Versuchsdurchführung.

Beantwortung von Frage 1. Es galt zunächst als unerlässlich, das für die Versuchsanstellung notwendige Ausgangsmaterial (Kupferkalkbrühe) herzustellen und sodann den Aufbereitungsgang in der Natur nachzuahmen. Zu diesem Zwecke wurden mehrere Chargen der vorbesprochenen und bestbewährten Kupferkalkbrühe vom Typ der Phase III<sub>1</sub> erzeugt. Da diese ganz schwach alkalische Brühe für 1 g Kupfervitriol praktisch 1 g Speckkalk (mit etwa 40 %  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) verlangt, muß das Vitriol-Speckkalk-Verhältnis mit rund 1 : 1 angegeben werden. Die Herstellung der Brühe erfolgte selbstverständlich genau nach den Wöber'schen Vorschriften (17).

Die Brühe wurde zunächst zwei Tage absitzen und nach erfolgter Dekantation die Brühengallerten auf Filtern zu Gelkuchen einsinken gelassen. Die Gallerten wurden alsdann auf Glasplatten filmdick aufgestrichen und in reiner Zimmerluft zum Trocknen ausgelegt. Während des Trocknungsprozesses wurden die Filme (mittels Spatels) öfters gewendet, um die Entwässerung des Hydrogeles und die Einflußnahme der Kohlensäure der Luft zu beschleunigen. Nach vollendetem Reife-prozeß (Dehydratation) wurde das lufttrockene Brühensediment fein gepulvert und zum Zwecke einheitlicher Korngröße durch ein 0.2 mm-Sieb hindurchgetrieben. Das im Laboratorium gewonnene Kupferkalkbrühepulver entsprach im Sinne des durchgemachten Aufbereitungsganges dem auf den Pflanzenteilen haftenden, eingetrockneten, dehydratisierten und durch den Einfluß der Luftkohlensäure molekular umgeformten Brühensediment und war solcherart versuchsfertig.

Was die Ausbeuteverhältnisse bei der Herstellung der Kupferkalkbrühechargen betrifft, so muß erwähnt werden, daß z. B. 720 g Brühenbestandteile (360 g Kupfervitriol und 360 g Speckkalk) rund 390 g lufttrockenes, umgeformtes Brühensediment lieferten, eine Ausbeute, die auf Grund einer rein theoretischen Berechnung unter Berücksichtigung der Abzüge für Kristallwasser, des bloß 40 %igen Speckkalkes und des Zuschlages für die Aufnahme von Kohlensäure als nahezu quantitativ bezeichnet werden muß. Da somit 1 g lufttrockenes Sediment rund 2 g Brühenbestandteile (1 g Kupfervitriol und 1 g Speckkalk) entspricht, kann im Kupfergehalt 1 g lufttrockenes Sediment rund 1 g Kupfervitriol gleichgestellt werden. 1 Liter einer 1 %igen Kupferkalkbrühe (10 g Kupfervitriol in 1 Brüheliter) entspricht somit 10 g lufttrockenem Brühensediment.

Das auf den Pflanzenteilen haftende und lufttrockene Brühensediment kann sich zwangsläufig den Einflüssen der Atmosphäre nicht entziehen und es steht zu erwarten, daß der Sedimentkomplex in einen folgerichtigen chemischen Abbau einzutreten vermag.

Beantwortung von Frage 2. Es ist bekannt (18), daß Kupferkalkbrühe beim offenen Stehen an der Luft langsam und allmählich Luftkohlensäure aufnimmt. Im Rahmen dieses Prozesses geht erfahrungsgemäß mit dem blauen Kupfersalz eine chemische Veränderung vor sich, die auch in der Farbennuancierung zum Ausdruck kommt. Das ursprünglich blaue Kupfersalz wird durch die Kohlensäure zerlegt unter Bildung von Kalciumkarbonat und Rückbildung von grobflockigem, grünblauem, basischem Kupfersalz der Phase II ( $\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{Cu}(\text{OH})_2$ ). Dieser Rückbildungsprozeß kann nur bei Anwesenheit von Wasser als dem zur Umformung bzw. Aufspaltung unbedingt notwendigen Reaktionsteilnehmer gedacht werden und ist derart in der Kupferkalkbrühe als hydrophilem, kolloidalem System auch unschwer möglich. Er kann aber auch der im Freiland versprühten und sich als lufttrockenes Brühensediment auf den Blattflächen befindlichen Kupferkalkbrühe zugesprochen werden, zumal das für die chemische Reaktionsfolge des Rückbildungs- bzw. Abbauprozesses unbedingt notwendige Wasser durch den Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre (Luftfeuchtigkeit, Niederschläge, Betauung) jederzeit, d. h. innerhalb 24 Stunden sicher einmal bereitgestellt wird.

Der Abbau der Kupferkalkbrühe bzw. des eingetrockneten Brühensedimentes scheint sich im Verlaufe nachstehender Reaktionsfolge abzuspielen:

I	Phase III <sub>1</sub> . Lufttrockenes Sediment vor der Umformung.	} $\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 1 \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot (x\text{H}_2\text{O} ?)$
II	Einflußnahme der Luftkohlensäure auf die $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Komponente.	} $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
III	Phase III <sub>1</sub> nach der teilweisen Umformung durch die Luftkohlensäure.	} $\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 1 \text{CaCO}_3$
IV	Einflußnahme der Luft- kohlensäure auf die $\text{Cu}(\text{OH})_2$ -Komponente.	} $4\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2 = 4\text{CuCO}_3 + 8\text{H}_2\text{O}$
V	Phase III <sub>1</sub> nach der voll- ständigen Umformung durch die Luftkohlensäure. Das lufttrockene, umge- formte Sediment steht zum Zerfall bzw. zum Ab- bau lösl. Kupfers bereit.	} $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{CuCO}_3 \cdot 1\text{CaCO}_3$



VI	Umwandlg. der wasserunlöslichen Komponenten (Karbonate) des umgeformten Sedimentes in wasserlösliche Anteile.	$\left. \begin{aligned} \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 &= \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \\ \text{CuCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 &= \text{Cu}(\text{HCO}_3)_2 \end{aligned} \right\}$
VII	Der Endzustand nach dem Umwandlungs- und Zerfallsprozeß präsentiert sich in Form durchwegs wasserlöslicher Salze.	$\left. \begin{aligned} & \\ \text{CuSO}_4 + 4\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 & \end{aligned} \right\}$
VIII	Die für sich selbständigen und wasserlöslichen Zerfallsprodukte können nunmehr die ihnen zugewiesene Rolle übernehmen. Die wasserlöslichen Kupfersalze im besonderen sind somit in der Lage, ihre Giftwirkung frei zu entfalten.	$\left. \begin{aligned} &\text{CuSO}_4 \\ &4\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2 \\ &\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \end{aligned} \right\}$

Aus dem vorstehenden Reaktionsverlauf ist eindeutig zu ersehen, daß das Wasser bei der Aufspaltung und beim Zerfall des Kupferkalkbrühekomplexes (Brühensedimentes) unbedingt als integrierender Bestandteil zu gelten hat.

Beantwortung von Frage 3. Das unter Beantwortung von Frage 2 des näheren ausgeführte Reaktionsschema greift bereits weitgehend der Beantwortung der Frage 3 vor und lehrt, daß zur Elimination und Bereitstellung wasserlöslichen Kupfers aus dem Brühenkomplexe die Kohlensäure der Luft ebenso unerläßlich ist wie das Wasser selbst.

Es soll zunächst die Möglichkeit untersucht werden, ob und in welchem Ausmaße vielleicht auf dem Wege einer Hydrolyse aus dem umgeformten und lufttrockenen Brühensediment wasserlösliches Kupfer bereitgestellt werden könnte. Wenngleich man sich auch daran gewöhnt hat, das Wasser im allgemeinen als ziemlich indifferent anzusehen, wird man von seinen Ionen ( $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ ; Dissoziationsgrad bei  $18^\circ \text{C}$   $0.78 \text{ mal } 10^{-7}$ ) (19) doch erwarten müssen, daß sie in gewissen Fällen in ganz auffälliger Weise reagieren werden. In jenen nämlich, wo das Wasser spaltend (hydrolytisch) wirkt und demnach ein ausgeprägtes Maß hydrolytischer Dissoziation, einen besonderen Hydrolysegrad hervorruft. Betrachtet man nun die dem Komplexe des lufttrockenen, umgeformten Brühensedimentes ( $\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{ CuCO}_3 \cdot 1 \text{ CaCO}_3$ ) zugehörigen Kupferkomponenten ( $\text{CuSO}_4$  und  $\text{CuCO}_3$ ) im Bilde hydrolytischer Erwägung, so wird man als Ergebnis der ionogenen Wechselwirkung das Vorhandensein von gelöstem und fast un-

dissoziiertem  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  nebst Wasserstoff-, Sulfat- und Bikarbonat-Ionen feststellen können. Es steht also zu erwarten, daß im Rahmen hydrolytischer Spaltung aus dem umgeformten Brühensediment rein theoretisch Spuren löslichen Kupfers bereitgestellt werden können, geringe Mengen aber, die an jene, die unter dem Einflusse der Luftkohlenensäure tatsächlich gebildet werden, nicht heranreichen. Dem rein theoretischen Gedankenbilde der Hydrolyse kommt aber in unserem Falle auch aus dem Grunde keine praktische Bedeutung zu, da das Brühensediment vom Augenblicke seiner Gemeinschaft mit den ihm als Unterlage dienenden Pflanzenteilen dem Einflusse der Luftkohlenensäure dauernd ausgesetzt ist und sich der Einwirkung derselben auch nicht mehr zu entziehen vermag. Das Studium der vorbesprochenen Reaktionsfolgen [I] — [VIII] bringt klar zum Ausdruck, daß lediglich in der Interpretation des Schemas [VI] die Umwandlung der wasserunlöslichen Komponenten (Karbonate) des Brühensedimentes in wasserlösliche Verbindungen ( $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2$ ) gesucht und gefunden werden kann.

Das diesbezügliche chem. Schrifttum (20) berichtet, daß Kupferkarbonat ausschließlich als saures Kuprikarbonat in Lösung gehen kann. Der Verfasser glaubt, auch in dem vorliegenden speziellen Falle (Komplexe) dieser Auffassung vollinhaltlich beipflichten zu müssen und als sicher feststellen zu können, daß Kupferkarbonat unter dem Einflusse der Luftkohlenensäure bei Gegenwart von Wasser als sogenannte Kuprikohlensäure (Kupribikarbonat =  $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2$ ) in Lösung geht. Es bleibt jetzt nur noch übrig, diese Auffassung durch Laboratoriumsversuche zu erhärten.

Zu diesem Zwecke wurden mit dem lufttrockenen, umgeformten Brühensediment und mit chem. reinem basischen Kupferkarbonat ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ) als Vergleichssubstanz Löslichkeitsversuche in destilliertem, nicht ausgekochtem Wasser und in destilliertem nicht ausgekochtem Wasser, durch das nach dem Eintragen der Versuchssubstanz 1.5 Stunden lang reine Kohlensäure hindurchgeleitet wurde, angestellt. Über die Versuchsergebnisse unterrichtet die nachfolgende Tabelle I.

Aus Tabelle I ist ersichtlich, daß die mit dem Kohlensäurestrom behandelten und solcherart mit  $\text{CO}_2$  gesättigten Probelösungen nach sorgfältigster Dekantation und nachfolgender Filtration mit einem Kolloidfilter Kupferwerte ergaben, die ein Vielfaches (fast das zehnfache) jener Kupfergehalte ausmachen, die in den mit nur 4.40 mg-freier  $\text{CO}_2$  gesättigten Probelösungen nach gleichfalls 24stündigem Stehen bei 20 ° C und nachfolgender Dekantation und Filtration (Kolloidfilter) gefunden werden konnten. Es ist somit einwandfrei erwiesen, daß zur Elimination und Bereitstellung wasserlöslichen Kupfers aus dem Brühenskomplexe Kohlensäure ebenso unerläßlich ist wie das Wasser selbst.



Tabelle I.

400 cem destillierten Wassers, das nicht ausgekocht war und derart 4,40 mg freier Kohlensäure im Liter enthielt, wurden verwendet:	6,00 g Versuchssubstanz werden in 400 cem destillierten Wassers eingebracht. Es wird öfters geschüttelt und dann 24 Stunden bei 20° C stehen gelassen.	
	Lufttrockenes, umgeformtes Brühensediment ( $\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{CuCO}_3 \cdot 1 \text{CaCO}_3$ )	Chemisch reines, basisches Kupferkarbonat ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ )
a) Nicht ausgekocht (4,40 mg $\text{CO}_2$ /Lt.)	0,254 % Cu	0,043 % Cu
b) Ebenfalls nicht ausgekocht. Aber nach dem Einbringen der Versuchssubstanz wurde 1,5 Stunden lang reine $\text{CO}_2$ durchgeleitet und derart die Versuchsaufschwemmung mit $\text{CO}_2$ gesättigt	1,181 % Cu	0,423 % Cu

Im Zusammenhang mit diesem Löslichkeitsversuch wäre auch folgende interessante Beobachtung anzuführen. Die Kupferkalkbrühesediment-Aufschwemmung zeigte im Laufe der 1,5stündigen Kohlensäurebehandlung in der Farbnuancierung eine deutliche und stetige Verschiebung im Farbton von blaugrün in das Grünblaue, ja fast Grüne hin. Diese Farbveränderung nach der grünen Nuance hin erinnert an die Phasen bei der Kupferkalkbrühebereitung, bzw. an die Zersetzungserscheinungen der Kupferkalkbrühe bei Einflußnahme von Luftkohlen-säure (bei langem Stehen an der Luft!!) und scheint in einer durch die Kohlensäureeinwirkung bedingten Kalkverarmung ( $\text{Ca(HCO}_3)_2$  tritt aus dem Komplex aus!) ihre Ursache zu haben. Es scheint, daß nach und nach der fast rein-grüne Farbton erhalten werden kann, wie er beim chemisch reinen, kalkfreien, basischen Kupferkarbonat ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ ) von Haus aus manifest ist.

Über noch eine wichtige Versuchsbeobachtung, die ebenfalls nur bei der mit  $\text{CO}_2$  behandelten Kupferkalkbrühesediment-Aufschwemmung festzustellen war, muß Bericht erstattet werden. Die Sedimentaufschwemmung wurde nach 24stündigem Stehen und Absetzen mit großer Sorgfalt dekantiert. Die wasserklare Probelösung wurde nun in drei gleiche Teile geteilt und der erste Drittel-Anteil durch ein Kolloidfilter filtriert. Anfangs war das Filtrat wasserklar. Nach etwa 10 Minuten

wurde das Filtrat aber trübe. Vermutung: Beschädigtes Filter. Neuerliche Filtration. Trotz Verwendung eines neuen Filters ist das Filtrat diesmal von Anfang an trüb. Drittmalige Filtration: Äußerst trübes Filtrat. Nun wird folgendes unternommen. Das trübe Filtrat wird zur Analyse aufbewahrt. Die Rückstände auf den drei Filtern werden mit verdünnter Schwefelsäure in Lösung gebracht. Die durchgeführten Kupferbestimmungen ergaben nun folgende Analysenzahlen:

Kupfergehalt der 3 in Lösung gebrachten Filter-Rück-	
stände . . . . .	0.246 % Cu
Kupfergehalt des aufbewahrten trüben Filtrates. . .	0.928 % Cu
Gesamtkupfer . .	1.174 % Cu.

Wenn man nun bedenkt, daß bei dem Filtrationsmanöver Spurenverluste eingetreten sein müssen, kann der gefundene Wert von 1.174 % Cu jenem von 1.181 % Cu, der mit dem nicht filtrierten (bloß dekantierten!) zweiten Drittel der Probelösung gewonnen wurde, quantitativ gleichgesetzt werden. Es scheint, daß durch den Filtrationsprozeß die Analysenflüssigkeit an  $\text{CO}_2$  verarmt und solcherart der unter dem Einflusse der  $\text{CO}_2$  bewirkte Lösungsprozeß rückgängig gemacht wird ( $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{CuCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ). Kohlensäure wird wieder frei und unlösliches, die Trübung bedingendes  $\text{CuCO}_3$  wieder ausgeschieden. Dieser analytische Vorgang hat für das Freiland eine ungeheuer wichtige Bedeutung. Die Kohlensäure der Luft genügt allein nicht, um Kupfer in Lösung zu bringen. Es muß auch immer etwas Feuchtigkeit vorhanden sein (siehe Beantwortung von Frage 2), um diesen Lösungsprozeß zu bewerkstelligen und um das gelöste Kupfer auch weiterhin mit überschüssiger  $\text{CO}_2$  zu versorgen und solcherart in Lösung zu erhalten. Fehlt die Feuchtigkeit, herrscht ausgesprochen trockenes Wetter, so entweicht die angelagerte und gebundene Kohlensäure wieder unter Rückbildung unlöslichen Kupferkarbonates. Das derart rückgebildete Kupferkarbonat ist aber für den fungiziden Abwehrprozeß nicht verloren und kann bei neuerlicher Einflußnahme von Wasser und Luftkohlensäure wieder in lösliches  $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2$  rückverwandelt werden. Diese von Zeit zu Zeit getätigten und ganz den Trockenheitsverhältnissen in der Natur angepaßten „Schübe“ von fungizidem, giftwirksamen Kupfer bewahren den Pflanzenorganismus vor einer Überschwemmung an Kupfer und schaffen jene Voraussetzungen, die zur Hintanhaltung der gefürchteten und bei anhaltend feuchter Witterung auch sicher auftretenden Verbrennungsschäden als unerwünschte Begleiterscheinung im Verlaufe der Schädlingsbekämpfung führen.

Über die Möglichkeit der Rückverwandlung von bereits als  $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2$  gelöstem Kupfer in unlösliches  $\text{CuCO}_3$  soll der nachfolgende,



mit dem letzten Drittel der vorbeschriebenen wasserklaren Probelösung angestellte Extremversuch Aufschluß geben. Dieses letzte, wasserklare Probedrittel wurde stark erhitzt. Die bekannte Trübung erscheint sofort. Beim Kochen entweicht die freie und auch die gebundene Kohlensäure, bis schließlich unter Molekülzerfall ein Bodensatz auftritt. Nach dem Abkühlen wird neuerlich Kohlensäure eingeleitet, Der Bodensatz verschwindet, geht in Lösung, sodaß wieder eine wasserklare Probelösung entsteht. Beim neuerlichen Kochen kommt wieder der alte Bodensatz zum Vorschein und kann dann durch Filtration von einem wasserklaren Filtrat getrennt werden. Der Bodensatz ( $\text{CuCO}_3$ ) wird in verdünnter Schwefelsäure gelöst. Die Analyse ergibt einen Kupfergehalt von 1.180 % Cu. Das Filtrat ist kupferfrei. Dieses Analysenergebnis ist ein schlagender Beweis dafür, daß durch Kohlensäureverlust bzw. Kohlensäureabspaltung quantitativ unlösliches Kupfersalz rückgebildet werden kann.

Die im Rahmen der Versuche durchzuführenden Kupferbestimmungen können nach drei verschiedenen Methoden erfolgen: Elektrolyse, Maßanalyse, Gewichtsanalyse. Für die gewichtsanalytische Bestimmung wäre die Fällung als Salicylaldoxim nach Ephraim (21) zu empfehlen. Am einfachsten ist die vom Verfasser geübte Methode nach Haën-Low (22), mit der die Bestimmung des Kupfers jodometrisch sehr schnell und exakt erfolgen kann.

Beantwortung von Frage 4. Unter Beantwortung von Frage 3 wurde bereits ausgeführt, daß das bei Anwesenheit von freier Kohlensäure unter Verwendung eines Kolloidfilters wasserklar erhaltene Filtrat lösliche Kupferverbindungen ( $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2$ ) zu Tage fördert, die mit Rücksicht darauf, daß sie das Kolloidfilter durchlaufen konnten, nur als kristalloide Verbindungen aufgefaßt werden können.

Beantwortung von Frage 5. Aus dem unter Beantwortung von Frage 2 und Frage 3 Erörterten geht eindeutig hervor, daß sich der Endzustand nach dem Umwandlungs- und Zerfallsprozeß durchwegs in Form wasserlöslicher und für sich selbständiger Zerfallsprodukte ( $\text{CuSO}_4$  und  $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2$ ) manifestiert, die in der Folge auch in der Lage sind, ihre fungizide Wirkung frei entfalten zu können.

Beantwortung von Frage 6. Die vorbesprochenen theoretischen Überlegungen und praktischen Versuchsergebnisse lassen es als berechtigt erscheinen, anzunehmen, daß der molekulare Aufbau der wasserlöslichen und für sich selbständigen Zerfallsprodukte (Kupfersalze) mit den Formeln  $\text{CuSO}_4$  und  $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2$  festgelegt werden kann.

Beantwortung von Frage 7. Um nun auf die Beantwortung der Frage, ob wohl aus dem komplexen Brühensediment der im Rahmen des vorbeschriebenen Zerfallsprozesses getätigte Abbau löslichen Kupfers bis zum Molekülverbrauch fortgesetzt werden kann, eingehen zu können,

war es unerlässlich, den Vorgang und die analytische Auswirkung des Komplexzerfalles direkt unter freilandsähnlichen Bedingungen, also an der atmosphärischen Luft selbst, zu studieren. Zu diesem Zwecke wurde ein umfangreicher und sich auf längere Zeit erstreckender Schalenversuch durchgeführt, der in seinem Aufbau und mit seinen Ergebnissen nunmehr einer eingehenden Besprechung unterzogen werden soll.

In einer großen Glasschale (500 qcm Bodenfläche) wurden 10 g lufttrockenes, umgeformtes Brühensediment ( $\text{CuSO}_4 \cdot 4 \text{CuCO}_3 \cdot 1 \text{CaCO}_3$ ) filmmäßig ausgebreitet und in Nachahmung eines schwachen Freilandsniederschlages mit einem kurzen Sprühregen von destilliertem Wasser befeuchtet. Der vollkommen durchnäßte Film wurde in reiner Zimmerluft ( $20^\circ \text{C}$ ) ausgesetzt und dortselbst innerhalb eines Tages und einer Nacht (24 Stunden) zum Trocknen gebracht. Er war also solcherart 24 Stunden der Einwirkung der Luftkohlenensäure ausgesetzt. Nach dieser Zeit wurde mit 200 ccm destill. Wassers aufgenommen und nach sorgfältiger Dekantation und Filtration das wasserlösliche Kupfer ( $\text{CuSO}_4$ ;  $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2$ ) in der vorbesprochenen Weise analytisch (jodometrisch) bestimmt. Der gefundene Wert von 0.006 % Cu entsprach jener Menge an Kupfer, die aus dem umgeformten Brühensediment durch die erste, für den Reaktionsverlauf hinreichende und den Freilandsverhältnissen halbwegs entsprechende Befeuchtung freigemacht werden konnte.

Es soll gleich vorweggenommen werden, daß in der Natur in niederschlagsfreien Perioden die Rolle des Regens von der morgens und abends einsetzenden Befeuchtung durch Tau oder Nebel übernommen werden kann. Ja, es mag sogar unter Umständen eine entsprechende Luftfeuchtigkeit genügen, um den hydrophylen Film des Brühensedimentes zum „Anziehen“ zu bringen und derart die für die chemische Umsetzung notwendige Menge Wassers bereitzustellen.

Nachdem die ersten 24 Stunden vorüber waren und aus dem Sedimentfilm die erste Probelösung (200 ccm Filtrat) gewonnen war, wurde das feuchte Probegut (Restfilm) neuerdings unter den gleichen Verhältnissen, wie oben beschrieben (Glasschale), der Luftkohlenensäure 24 Stunden hindurch ausgesetzt. Derart wurde der Versuchswert 2 (0.014 % Cu) gewonnen. Die nachfolgende Tabelle II zeigt, daß die Versuche im Ausmaße einer Schalenfläche (500 qcm) bis zu einer Stundensumme von 240 Stunden fortgesetzt wurden.

Während der Versuchsdurchführung war aufgefallen, daß sich das in der Glasschale befindliche Sediment mit zunehmender Versuchsdauer (Stundensumme) nach Hinzugabe der 200 ccm destillierten Wassers aus der erzeugten Aufschwemmung mit einer Geschwindigkeit und Klarheit absetzt, die mit der Versuchszahl im Steigen begriffen war. Dieser Umstand soll nur deshalb erwähnt werden, weil er ebenfalls



Tabelle II.

Versuch	Versuchs- intervall (Stunden)	Stunden- summe	% Cu in 24 Stunden bei 20 ° C	% Cu in der Stunden- summe
1	24	24	0.006	0.006
2	24	48	0.014	0.020
3	24	72	0.018	0.038
4	24	96	0.025	0.063
5	24	120	0.025	0.088
6	24	144	0.025	0.113
7	24	168	0.025	0.138
8	24	192	0.025	0.163
9	24	216	0.025	0.188
10	24	240	0.025	0.213

für die wachsende Elimination von  $\text{CaCO}_3$  als  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  und somit für die stetig zunehmende Kalkverarmung spricht.

Nach Absolvierung des ersten zehntägigen Versuchsrhythmus wurde unter Wiederverwendung des vom Versuch 10 erübrigten Restsedimentes (etwa 10 g) ein neuerlicher zehntägiger Versuchsturnus derart angesetzt, daß das Restsediment gleichmäßig (je 5 g) auf zwei Schalen (zweimal  $500 = 1000$  qcm Bodenfläche) verteilt wurde. Es sollte dadurch eine Filmstärke geschaffen werden, die der normalen Filmdicke im Freiland nach einer Bespritzung mit einer 1%igen Kupferkalkbrühe schon wesentlich besser entsprach als die vorhergehende. Zum Zwecke der Kupferbestimmung wurde nach Versuchsbeendigung jeder Schalenbelag mit 100 ccm destillierten Wassers aufgenommen und beide Aufschwemmungen vereinigt, sodaß wieder eine Probeaufschwemmung von 10 g Sediment in 200 ccm destill. Wasser resultierte. Nach dem Absetzen wurde wieder sorgfältigst dekantiert. Das 200 ccm-Filtrat wurde dann im Sinne der vorbesprochenen Analyse weiterverarbeitet. Wie die nachstehende Tabelle III ausführt, ergab der Zwei-Schalen-Versuch keine Änderung in der Bereitstellung wasserlöslichen Kupfers.

Es war nun an der Zeit, das Restsediment (etwa 10 g) vom Versuch 20 auf einer größeren Aufbereitungsfläche dem Einflusse der Luftkohlen-säure auszusetzen. Zu diesem Zwecke wurde die Verteilung auf sechs

Tabelle III.

Versuch	Versuchs- intervall (Stunden)	Stunden- summe	% Cu in 24 Stunden bei 20 ° C	% Cu in der Stunden- summe
11	24	264	0.025	0.238
12	24	288	0.025	0.263
13	24	312	0.025	0.288
14	24	336	0.025	0.313
15	24	360	0.025	0.338
16	24	384	0.025	0.363
17	24	408	0.025	0.388
18	24	432	0.025	0.413
19	24	456	0.025	0.438
20	24	480	0.025	0.463

Glasschalen mit einer Gesamtbodenfläche von  $6 \times 500 = 3000$  qcm vorgenommen. Betrachtet man nun den auf einer Gesamtfläche von 3000 qcm ausgebreiteten Sedimentbelag, so erkennt man, daß die sich präsentierende Filmdicke den Freilandsverhältnissen schon ziemlich nahe kommt. Wie Tabelle IV klar zum Ausdruck bringt, zeigt der Sechs-Schalen-Versuch innerhalb des Versuchsintervalles von 24 Stunden eine nicht unbeträchtliche Steigerung der Kupferlöslichkeit, die zweifellos durch die feinere Filmbeschaffenheit bzw. die geringere Filmstärke und damit durch den größeren Lösungseinfluß der Luftkohlenensäure bedingt ist.

Tabelle IV.

Versuch	Versuchs- intervall (Stunden)	Stunden- summe	% Cu in 24 Stunden bei 20 ° C	% Cu in der Stunden- summe
21	24	504	0.050	0.513
22	24	528	0.050	0.563
23	24	552	0.050	0.613



In Verfolgung der in Tabelle IV angeführten Versuchsergebnisse schien es nun ratsam, durch Vergrößerung der Schalenanzahl bis an die Grenze des laboratoriumstechnisch Möglichen zu gelangen und solcherart Versuchsbedingungen zu schaffen, die den Freilandsverhältnissen innerhalb gewisser Fehlergrenzen unter Umständen beinahe gleichzusetzen wären und in der Auswirkung ihrer Ergebnisse Anspruch auf brauchbare Mittelwerte erheben konnten, die als Grundlage für die notwendigerweise abzuleitenden rechnerischen Schlußfolgerungen ohne Bedenken verwendet werden konnten. Im Hinblick auf diese Erwägungen wurde nun das vom Versuch 23 erübrigte Restsediment (etwa 10 g) auf zehn Glasschalen verteilt, die in ihrer Bodenfläche eine Gesamtheit von  $10 \times 500 = 5000$  qcm darstellten. Die Filmbeschaffenheit des derart aufgetragenen Restsedimentes (10 g/5000 qcm) ließ nun bei genauerer Beobachtung erkennen, daß diese forcierte Substanzverteilung den Verhältnissen in der Natur stellenweise vorauseilte, zumal die Filmstärke an einzelnen Flächenstücken von einer Beschaffenheit war, die in ihrer Verdichtung den aus der Praxis entlehnten Vergleichsbildern nicht mehr entsprach. Die Analysenergebnisse des Zehn-Schalen-Versuches sind in der nachstehenden Tabelle V zusammengestellt.

Tabelle V.

Versuch	Versuchsintervall (Stunden)	Stunden- summe	% Cu in 24 Stunden bei 20 ° C	% Cu in der Stunden- summe
24	24	576	0.151	0.764
25	24	600	0.151	0.915
26	24	624	0.151	1.066

Tabelle V bringt in Spalte 4 Werte an wasserlöslichem Kupfer, die jene des Sechs-Schalen-Versuches bei weitem übertreffen. Es steht also fest, daß bei zunehmendem Verflachen der Filmstärke, also bei Abnahme der Filmdichte (Sedimentmenge/qcm) die Bereitstellung löslichen Kupfers je Quadratzentimeter Versuchsfläche zunimmt.

Die mit den Versuchen 24 bis 26 praktisch zum Abschluß gekommene Schalenversuchsreihe bringt in Tabelle V, Spalte 4, als Schlußergebnis des Zehn-Schalen-Versuches einen Kupferwert von 0.151 % Cu. Bei der diesem Versuche zugehörigen Filmdichte konnten also innerhalb 24 Stunden 0.151 % wasserlösliches Kupfer bereitgestellt werden. Wie nun unter Beantwortung von Frage 1 bereits mitgeteilt wurde, ist in bezug auf den Kupfergehalt 1 g lufttrockenes Sediment rund 1 g

Kupfervitriol gleichzustellen. Es war auch möglich, diese rein praktischen Erwägungen entnommene Schlußfolgerung durch die chemische Analyse des Brühensedimentes zu bestätigen. Das lufttrockene Brühensediment weist nämlich einen Kupfergehalt von rund 23 % Cu auf; Kupfervitriol enthält etwa 25 % Cu. Im Rahmen eines Gesamtzerfalles können daher 10 g umgeformtes Brühensediment maximal 2.3 g Kupfer abspalten. Da im Verlaufe eines 24stündigen Kupferschubes von 10 g Sediment 0.0151 g Kupfer (entsprechend 0.151 % Cu) abgegeben werden können, würde bis zum Verbrauche des Gesamtmoleküles mit einem Gehalt von 2.3 g Kupfer mit rund 150 mal 24 Stunden gerechnet werden müssen. Da aber, wie die Erfahrung lehrt, beim Spritzvorgang infolge Abrinnens der Brühe mit einem Substanzverlust zu rechnen ist, ferner im Verlaufe einsetzender Trockenheitsperioden mangels entsprechender Haftfähigkeit des Sedimentfilmes und schließlich im Gefolge von überreichlichen Niederschlägen entweder durch direktes Abwaschen des Spritzbelages oder durch mehrmalige bzw. fortdauernde unzumutbare und unausgenützte Bereitstellung löslichen Kupfers (mehrmalige Kupferschübe hintereinander) große Mengen des abbaufähigen Brühensedimentes verloren gehen, wird die der Erfahrung zugrunde liegende Feststellung glaubhaft sein, daß nämlich mit einem Verweilen des umgeformten Brühensedimentes auf den Pflanzenteilen von wesentlich über 45 Tagen (6 Wochen) kaum zu rechnen ist.

Beantwortung von Frage 8. Auf Grund der vorstehenden Erwägungen, die ein Verschwinden des Kupferkalkbrühebelages von den Pflanzenteilen im Verlaufe von etwa 45 Tagen nach der letzten Bespritzung erwarten lassen, kann mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, daß nach dem erfolgten Zerfalls- und Schwundprozeß auf den Pflanzenteilen Kupfer praktisch nicht mehr vorzufinden sein wird, ein Umstand, der den Wünschen und Forderungen der Hygiene (Genuß der Ernteprodukte!!) vollauf gerecht wird.

In diesem Zusammenhang soll auch gleich die Beantwortung von Frage 10 vorweggenommen werden. Es ist eingangs erwähnt worden, daß die fungizide Wirkung der Kupferkalkbrühe vornehmlich in einer Hemmung bzw. Verhinderung der Sporenkeimung zu suchen ist, ein Umstand, der zwangsläufig auch ein reichliches Maß an prophylaktischer Einflußnahme zur Voraussetzung hat. Nur dann also, wenn die Kupferkalkbrühe auch tatsächlich vorbeugend wirken und eine Infektion verhindern kann, scheint der praktische Zweck ihrer Anwendung als Pflanzenschutzmittel auch erreicht. Zum Zwecke einer befriedigenden Wirkung und eines guten Erfolges bei Verwendung von Kupferkalkbrühe im Rahmen der Schädlingsbekämpfung ist also deren relativ frühe, zeitgerechte und somit vorbeugende Anwendung unerlässlich. Nur im Verlaufe einer prophylaktischen Behandlung mit Kupferkalkbrühe

ist es möglich, auf den vor einer Infektion zu bewahrenden Pflanzenteilen zeitgerecht entsprechende Kupferdepots anzulegen, die dann in Auswirkung des vorbeschriebenen Molekülzerfalles etwa in 24stündigen ein- oder mehrmaligen Kupferschüben wasserlösliches und somit giftwirksames Kupfer bereitstellen und solcherart beim ersten Auftreten des Pilzes sofort als Einsatz für die notwendige Abwehr herangezogen werden können.

Beantwortung von Frage 9. Um die aus den vorbeschriebenen Versuchen gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse auf die Verhältnisse in der freien Natur sinngemäß anwenden und die Frage beantworten zu können, ob etwa die Möglichkeit bestünde, die Menge des löslichen und somit wirksamen Kupfers je Quadratcentimeter Blattfläche auf dem Wege der aus den Analysenergebnissen zu ziehenden Schlußfolgerungen durch Berechnung zu erfassen, war es notwendig, festzustellen, auf welches Ausmaß an Quadratcentimeter Gesamtblattfläche 1 Liter einer 1%igen Kupferkalkbrühe (entsprechend 10 g umgeformtem Brühensediment) im Verlaufe des Spritzvorganges wohl zur Auftragung kommen wird.

Zu diesem Zwecke war es unerlässlich, die nachfolgenden Überlegungen anzustellen. Es sei aber gleich vorweggenommen, daß es sich bei diesen rechnerischen Erwägungen nur um relative Zahlen handelt, um Vergleichsgrößen, die angenommenermaßen als halbwegs brauchbare und gerechtfertigte Mittelwerte für die Beurteilung und Auswertung der Verhältnisse in der freien Natur herangezogen werden können.

Es gilt als Erfahrungstatsache, daß in unseren Weinbaugebieten auf 1 ha Weinbergsboden etwa 12 000 Weinstöcke gepflanzt werden können, und daß zu deren einmaliger Bespritzung mit Kupferkalkbrühe rund 1400 Liter Brühe notwendig sind. Auf einen Weinstock würden daher rein theoretisch 0.12 Liter Kupferkalkbrühe entfallen. 1 Liter Brühe würde somit zur einmaligen Bespritzung von ungefähr acht Stöcken hinreichen. Auch in der Praxis rechnet man bei uns für 1 Liter Kupferkalkbrühe durchschnittlich 6 bis 8 Stöcke. Zur Erreichung einer guten Bespritzung wird man für sechs Weinstöcke wohl 1 Liter Kupferkalkbrühe (entsprechend 10 g umgeformten Brühensediment) bereitstellen müssen. Nimmt man nun an, daß in unseren Lagen ein mittlerer Stock durchschnittlich fünf Reben hat und eine Rebe vielleicht 20 Blätter trägt, wird man einem mittleren Weinstock ungefähr 100 Blätter zusprechen müssen. Umfangreiche Blattmessungen haben nun ergeben, daß in unseren Rieden die mittlere Weinblattgröße mit höchstens 150 qcm zu veranschlagen ist. Ein Weinstock mit 100 Blättern würde demnach einseitig 15 000 qcm Blattfläche darbieten. Sechs Stöcke würden also  $6 \times 15\,000 \times 2 = 180\,000$  qcm mit Kupferkalkbrühe zu



bespritzender Gesamtblattfläche (Blattober- und Blattunterseite) entwickeln. Um nun die Schlußfolgerungen fortsetzen zu können, glaubt der Verfasser, auf Grund seiner Beobachtungen über die Filmbeschaffenheit bei den Schalenversuchen, insbesondere beim Zehn-Schalen-Versuch (5000 qcm Bodenfläche) die oben schätzungsweise erschlossene Fläche von 180 000 qcm ganz wesentlich herabsetzen zu müssen.

Im Hinblick auf die Vielzahl an Spaltöffnungen ist nämlich in erster Linie die Blattunterseite bekämpfungsbedürftig, ein Umstand, dem ja auch die Verwendung eines Kniezerstäubers Rechnung tragen soll. Nun lehrt aber die Erfahrung des Praktikers, daß der Blattunterseite beim Spritzvorgang aber nur ein geringer Anteil, etwa ein Drittel, zugute kommt. Den weitaus größten Teil der Kupferkalkbrühe erhält die dem Spritzstrahle unmittelbar zugekehrte Blattoberseite und ein nicht unbeträchtlicher Teil der Brühe kommt blattfremden Stockanteilen zugute oder rinnt überhaupt zu Boden ab. Es ist daher nicht gut möglich, allein aus der Relation Brühenliter/Gesamtblattfläche einen halbwegs verwertbaren Schluß ziehen zu wollen. Um feststellen zu können, welche Menge an wasserlöslichem und somit wirksamem Kupfer je Quadratzentimeter Blattfläche innerhalb 24 Stunden frei werden kann, scheint dem Verfasser nur ein Weg gangbar zu sein und zwar der, daß unter Heranziehung der Ergebnisse des Sechs- und Zehn-Schalen-Versuches und unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die Filmdichte bei einer Ausbreitung von 10 g Restsediment auf 5000 qcm Bodenfläche den Verhältnissen in der Natur schon vorauseilte und den aus der Praxis entlehnten Vergleichsbildern nicht mehr entsprochen hat, auf dem Wege der rechnerischen Schlußfolgerung ein Filmbelag von einem Dichteaussatz festzulegen versucht wird, der unter Heranziehung und Gegenüberstellung von vergleichweisen Spritzbelagsbildnissen des Freilandes als den Verhältnissen in der Natur am wahrscheinlichsten entsprechend erkannt und bestimmt werden kann.

Wenn man nun bedenkt, daß die Kupferkalkbrühe nach dem Versprühen in Auswirkung der Oberflächenspannung stellenweise „zusammenrinnt“ und das Weinblatt nach dem Eintrocknen des Brühenbelages wieder nur stellenweise und somit mehr oder minder „flächenhaft“ mit Brühensediment bedeckt ist, wird man erkennen müssen, daß dem begrenzt flächenhaften (lückenhaften!) und stellenweise „klotzigen“ Sedimentbelag (Film) nicht eine Verteilungszahl (Filmdichte) von 10 g Sediment auf etwa 180 000 qcm Blattfläche zuerkannt werden kann. Die Filmdichte ist eine weitaus größere als sie dem Verhältnis 10 g/180 000 qcm entsprechen würde und wird erfahrungsgemäß über die Filmbeschaffenheit des Zehn-Schalen-Versuches (10 g/5000 qcm) keinesfalls hinausgehen.

Beim Sechs-Schalen-Versuch (3000 qcm) liefern 10 g Sediment 0.005 g lösliches Kupfer, sodaß 1 qcm Bodenfläche 1.7/1 000 000 g Kupfer entsprechen. Der Zehn-Schalen-Versuch hingegen ergibt pro Quadratzentimeter Bodenfläche einen Wert von 3/1 000 000 g (0.015/5000 g) wasserlöslichen Kupfers. Da nach den Filmbildern der Wert von 1.7  $\gamma$  Cu (1  $\gamma$  = 0.000,001 g Cu) je Quadratzentimeter sedimentbedeckter Blattfläche den tatsächlichen Freilandsbedingungen ziemlich nahe kommt, 3  $\gamma$  Cu je Quadratzentimeter hingegen den Verhältnissen in der Natur vorauszuweichen scheinen, wird eine bereitgestellte Menge löslichen und somit giftwirksamen Kupfers von 2—3  $\gamma$  Cu je Quadratzentimeter sedimentbedeckter Blattfläche als den Freilandsverhältnissen am wahrscheinlichsten entsprechend angenommen werden müssen. Da nun der solcherart produzierte 24-stündige Kupferschub durch Wanderung auf den Wasserstraßen der pflanzlichen Benetzungsflächen von Blatt zu Blatt und somit von der Blattoberseite zur Blattunterseite noch eine weitere Verteilung (Verdünnung) erfährt, steht zu erwarten, daß die für den fungiziden Abwehrprozeß jeweils in Bereitschaft stehende Kupferschubwelle pro Quadratzentimeter bekämpfungsbedürftigen, weil infizierten Gewebes ungefähr 1  $\gamma$  Cu ausmachen wird. Es ist somit möglich, die im Zeitraume von 24 Stunden bei einer mittleren Temperatur von 20 ° C und unter Annahme einer mindestens einmaligen Befeuchtung in Auswirkung des Einflusses der Luftkohlen-säure je Quadratzentimeter infizierter Blattfläche bereitgestellte Menge an wasserlöslichem und solcherart wirksamem Kupfer abzuschätzen und den erhaltenen Wert von

$$0.000,001 \text{ g Cu} = 1 \gamma \text{ Cu/qcm/20}^\circ \text{ C/24 Stunden}$$

als den Freilandsverhältnissen am wahrscheinlichsten entsprechend anzunehmen.

Beantwortung von Frage 10. Siehe auch unter Beantwortung von Frage 8. Es ergibt sich somit die Notwendigkeit einer prophylaktischen Behandlung mit Kupferkalkbrühe, da bei frühzeitig einsetzender und derart vorbeugender Bekämpfung auf den Pflanzenteilen schon zeitgerecht Kupferdepots angelegt werden, die beim ersten Auftreten des Schadenspilzes sofort als Einsatz bereitgestellt werden können.

#### Literatur.

- (1) Millardet, Ann. Soz. d'Agric. de la Gironde, 1885, 79.
- (2) Falek, Ztschr. f. angew. Botanik, Bd. 1, 1919, 177.
- (3) Hollrung, Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten, 3. Auflage Berlin 1923.

- (4) Barth, Die Blattfallkrankheit der Reben und ihre Bekämpfung. 4. Auflage, Gebweiler 1896.
- (5) Clark, Bot. Gaz., Bd. 33, 1902, 26—48.
- (6) Aderhold, Über die Wirkungsweise der sogenannten Bordeauxbrühe Centrbl. f. Bakteriologie, Bd. 5, 1899, 217.
- (7) Swingle, U.S. Departm. of Agric. Bull. Nr. 9, 37, Washington 1896.
- (8) Wortmann, Wein und Rebe, Bd. 1, 1919, Heft 2—8.
- (9) Killing, Wein und Rebe, 1919, Heft 9 u. 12; 1920, Heft 1.
- (10) Villedieu, Compt. rend. de l'Academie des Sciences, Paris, 1922, 707.
- (11) Gard, Revue de Pathol. veg. et d'Entomol. agric., 1923, Bd. 10, 332.
- (12) Trappmann, Schädlingsbekämpfung, Verlag Hirzel, Leipzig, 1927, s. S. 214 u. 215.
- (13) Schmidt, Wie kommt die Wirkung der Kupferkalkbrühe zustande? Centrbl. f. Bakteriologie, 1924, Bd. 61, 356ff.
- (14) Wöber, A., Über die chemische Zusammensetzung der Kupferkalkbrühe. Zeitsch. f. Pflanzenkrankheiten, 1919, Bd. 29, S. 94ff.
- (15) Reckendorfer, P., Zur Physikochemie der Kupferkalkbrühe (Haftfähigkeit als Quellungserscheinung). Zeitsch. f. Pflanzenkrankheiten, 1935, Bd. 45 Heft 6/7, S. 341 ff.
- (16) Süpfle, K., Die oligodynamische Wirkung der Schwermetalle auf Mikroorganismen. Münchener Tierärztl. Wochenschrift, 1920, Jg. 71, 16.  
Vageler, H., Ein Beitrag zur Frage der Wirkung von Mangan, Eisen und Kupfer auf den Pflanzenwuchs. Die landw. Versst., Berlin, P. Parey, 1916,  
Rosenkranz, H., Untersuchungen über die praktische Verwertbarkeit der oligodynamischen Wirkung der Kupfersalze auf Bakterien. Inaugural-Diss., Univ. München 1920.
- (17) Fischer, R., Herstellung von Kupferkalkbrühe. Flugblatt (Mitteilung) Nr. 242, 1934, Bundesanstalt f. Pflschutz Wien.
- (18) Wöber, A., Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 1919, siehe oben.  
Leibbrandt, F., Untersuchungen über die Chemie der arsenhaltigen Schädlingsbekämpfungsmittel. Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1930, Heft 21, 202.
- (19) Kohlrausch und Heidweiler, Z. physik. Chem. 14, 317.
- (20) Treadwell, F., Kurzes Lehrbuch d. analyt. Chemie, Verlag Deuticke Leipzig-Wien, 1923, Bd. 1, S. 348.  
Gmelin-Kraut, Handbuch d. anorg. Chemie, 1909, Bd. V, 996.  
M. K. Hoffmann, Lexikon d. anorg. Verbindungen, Leipzig 1917, Verlag J. A. Barth, Bd. 1, S. 833.  
Jahn, Ann. 28 (1838) 111.  
R. Luther und Kosnyavi, Z. anorg. Chem. 46 (1905) 172.
- (21) Ephraim, F., Über ein neues Reagens zur qualitativen und quantitativen Bestimmung des Kupfers. Ber. 63 (1928) 1930.
- (22) Treadwell, F., siehe oben. II. Band, S. 581.  
Beckurts, H., Die Methoden der Maßanalyse. Verlag Vieweg u. Sohn, Braunschweig, 1931.



## **Ist die Anwendung arsenhaltiger Insektenmittel für Wild und Geflügel gefährlich?**

### **Kann man auf die Hilfe des Federwildes und des Hausgeflügels bei der Bekämpfung des Kartoffelkäfers rechnen?**

Von H. Müller-Böhme.

Der Leiter der Abteilung für die Wirbeltierforschung Prof. Dr. Chappelier und der Direktor des Laboratoriums für Phytopharmazie Dr. M. Raucourt bei den staatlichen landwirtschaftlichen Forschungsinstituten in Versailles haben zur Klärung der in der Überschrift wiedergegebenen Fragen Untersuchungen durchgeführt, über deren Ergebnisse sie demnächst in den *Annales des Epiphyties et de Phytogénétique* (Tome II, Nr. 2, 1936) in zwei Veröffentlichungen ausführlich berichten werden. Bei der großen Bedeutung, die dieser Frage auch in Deutschland, zumal bei der Notwendigkeit, gegen die heranrückende Kartoffelkäfergefahr umfassende Spritzmaßnahmen vorzubereiten, beizumessen ist, erscheint es angebracht, eine von den genannten Verfassern bereits herausgegebene vorläufige Mitteilung über den Gegenstand hier in der Übersetzung teilweise wiederzugeben.

Obwohl im Weinbau arsenhaltige Spritzbrühen seit mehr als 20 Jahren gegen die Traubenwickler angewandt werden, häufen sich in Frankreich die Klagen der Bauern und vor allen Dingen der Jäger über Vergiftungen von Hausgeflügel, Kaninchen, Hasen, Rebhühner und selbst Kühen, erst seit etwa 4—5 Jahren, seitdem das verstärkte Vordringen des Kartoffelkäfers eine verstärkte Anwendung arsenhaltiger Mittel zu seiner Bekämpfung erforderlich machte.

Da sich Wild auf Feldern häufiger aufhält als im Weinberge und dort auch mehr zu fressen findet, so bestand immerhin die Möglichkeit, daß Hasen und Kaninchen von dem Unkraut fraßen, das bei der Schutzbehandlung der Kartoffelstauden mitvergiftet wurde, und daß Rebhühner beim Fressen von Larven und Käfern eine gewisse Arsenmenge aufnahmen. Um die Frage nach der Gefährdung von Wild und Geflügel durch arsenhaltige Insektizide nachzuprüfen, beauftragte das Ackerbauministerium seine wissenschaftliche Abteilung mit entsprechenden Laboratoriumsversuchen und Erhebungen.

Durch die Versuche sollte festgestellt werden, welche Mengen der gewöhnlich angewandten arsenhaltigen Kartoffelkäferbekämpfungsmittel, Bleiarsenat, Kalziumarsenat und Schweinfurter Grün zur Vergiftung von Wild ausreichen. Diese an über 100 Tieren durchgeführten Versuche ergaben als geringste, bereits tödlich wirkende Mengen (berechnet auf Kilogramm Körpergewicht) folgende Werte:

	Dosis minima letalis		
	Bleiars.	Kalziumars.	Schweinf. Grün
Hase, zahm u. wildes Kaninchen	200 mg	85 mg	30 mg
Rebhuhn . . . . .	300 mg	50 mg	25 mg

Wird eines dieser drei Mittel wiederholt in kleineren Mengen gegeben, so zeigt sich der Hase widerstandsfähiger, als das zahme Kaninchen. Versuchte man jedoch, die Tiere durch Verfüttern von Blättern zu vergiften, die in der gleichen Weise wie die Kartoffelfelder behandelt waren, so war dies trotz zahlreicher Versuche nicht möglich! Hasen und Kaninchen fressen nur mit Widerwillen mit Arsen behandeltes Laub und auch nur dann, wenn unvergiftete Nahrung fehlt. Es erscheint unmöglich, sie auf diese Weise zu vergiften. Etwas anders liegt der Fall beim Rebhuhn, das die Kartoffelkäfer nicht verschmäht, auch wenn sie mit Arsen behandelt sind. Nur beschränkt sich seine Nahrungsaufnahme, wenn das Tier nicht gerade ausgehungert ist, auf 2—3 Dutzend Insekten täglich, von denen jedes, wie zahlreiche Analysen ergeben haben, nach der Vergiftung nur einige Tausendstel Milligramm Arsen enthält. Nimmt man den schlimmsten Fall an, so müßte ein junges Rebhuhn von 200 g, um sich zu vergiften, in wenigen Stunden 350 ausgewachsene Kartoffelkäferlarven aufnehmen, was höchstwahrscheinlich, wenn überhaupt, nur ganz selten eintreten dürfte.

Obwohl diese Laboratoriumsversuche die Möglichkeit einer Vergiftung von Hasen und Kaninchen höchst unwahrscheinlich und die von Rebhühnern als nur wenig wahrscheinlich erscheinen lassen, mußte doch festgestellt werden, was sich in den mit Arsen behandelten Gebieten tatsächlich zutrug.

Zu diesem Zwecke wurden die unter dem Verdacht der Arsenvergiftung eingelieferten Tierkadaver untersucht und entsprechende Rundfragen an die Präfekturen, Forst- und Ackerbaubehörden gesandt, sowie in den Fachzeitschriften der Landwirte und Jäger veröffentlicht.

Hieraus ergaben sich außer einem umfangreichen Schriftwechsel auch Erkundungsreisen in 14 Departements im Kartoffelkäfergebiet. Diese Erhebungen zeigten, daß in mehreren Departements tote Hasen, Kaninchen und vor allem Rebhühner gefunden worden waren, als deren Todesursache man sehr häufig Arsenvergiftung angenommen hatte. Trotz der weiten Verbreitung der Rundfrage wurden dem Laboratorium des Centre National des Recherches Agronomiques aber während der ganzen Bekämpfungsperiode nicht mehr als 12 Kadaver von Tieren eingesandt, die angeblich vergiftet sein sollten: 1 Perlhuhn, 3 Gänse, 4 Hasen und 4 Rebhühner. Keines dieser Tiere enthielt jedoch Arsen.

Auch in den Vereinigten Staaten, wo man sich lange gestritten hatte, ob die Anwendung arsenhaltiger Pflanzenschutzmittel die Vögel

gefährdet, haben wiederholte Analysen angeblich infolge Arsenvergiftung zugrunde gegangener Vögel ergeben, daß die Tiere keine Spur des Giftes enthielten. Dagegen wurden bei der chemischen Untersuchung gesunder Vögel aus Gebieten, in denen Arsenmittel in großem Umfange zur Anwendung gekommen waren, häufig geringe Spuren des Giftes gefunden.

Jedenfalls sind in Frankreich nur ganz vereinzelt Fälle von Wildvergiftung vorgekommen. Vergiftungen großer Tiere, wie Kühe, sind immer nur durch Nachlässigkeit verschuldet. Todesfälle von Menschen sind nicht sicher erwiesen. Lediglich einige Fälle von vorübergehender Magen- und Darmverstimmung wurden gemeldet und beruhen auf Unvorsichtigkeit während des Arbeitens mit den arsenhaltigen Pflanzenschutzmitteln.

Wenn von verschiedenen Seiten dem Geflügel, vor allem den Rebhühnern eine bedeutende Rolle im Kampf gegen den Kartoffelkäfer zugesprochen wird, so zeigen Versuche und Beobachtungen, die im Centre National des Recherches Agronomiques durchgeführt wurden, daß man von der Hilfe der Vögel so gut wie nichts zu erwarten hat.

Die Verfasser sagen zum Schlusse: „Ein Jagdgewehr verursacht Unfälle, doch hat man nie daran gedacht, Millionen von Jägern in der ganzen Welt seinen Gebrauch zu verbieten; denn wenn sich Unfälle ereignen, so ist ihre Zahl im Vergleich zu der der abgeschossenen Patronen nur verschwindend gering, und die Mehrzahl ist auf Unvorsichtigkeit zurückzuführen.

Ein Gift, wie das Arsenik, kann ein Rebhuhn oder eine Kuh töten und Unfälle bei Menschen hervorrufen. Die arsenhaltigen Insektizide erweisen sich in der Praxis jedoch als ungefährlich für das Wild. Die großen Haustiere und der Mensch sind höchstens infolge Fahrlässigkeit und Unvorsichtigkeit indirekte Opfer.

Warum soll man also auf arsenhaltige Insektizide verzichten, die doch nur dazu beitragen können, viele unserer Ernten zu verbessern oder gar zu retten?

Was wir brauchen, sind Anweisungen und Ratschläge für die Landwirte etwa folgenden Inhaltes:

Wenn der Kartoffelkäfer auf den Feldern auftritt, dann sind zu seiner Bekämpfung, und zwar rechtzeitig nur die amtlich geprüften und anerkannten Insektengifte anzuwenden. Nur auf ganz kleinen Flächen kann ein äußerst gewissenhaftes Absammeln aller Entwicklungsstadien (Eigelege, Larven, Käfer), das mindestens zweimal in der Woche wiederholt werden muß, die Giftbehandlung ersetzen.



Wer mit Arsen arbeitet, darf die vorgeschriebenen Konzentrationen nicht überschreiten, während der Arbeit darf nicht geraucht werden und nach der Arbeit sind die Hände sorgfältig zu waschen. Niemals dürfen Reste von Spritzbrühe oder Waschwasser stehen gelassen oder achtlos auf die Pflanzen am Wegrand gegossen werden. Stets sind sie in ein Loch zu schütten und mit Erde zu bedecken.

Alle Fälle von Wild- und Geflügelvergiftung sind ohne Verzug der Pflanzenschutzbehörde zu melden.“

## Fragmente und Anregungen.

Unter diesem Titel werde ich wohl noch einige Notizen veröffentlichen, zu deren Ausbau ich nicht mehr kommen kann. Auch einige Abbildungen meiner Skizzenmappe dürften für sich hier erscheinen, um nicht unbenutzt verloren zu gehen.

Tubeuf, Juli 1936.

## **Agrilus Betuleti Ratzb. an den Birken im forstbotanischen Garten in München.**

Notizen von Professor v. Tubeuf.

Mit 2 Abbildungen.

An einer Gruppe verschiedener Birkenarten fielen mir seit Jahrzehnten absterbende Ästchen der Kronen ab Ende Juni auf, während die übrige Beastung der Bäume ganz gesund blieb.

Mitte Juni 1929 untersuchte ich vollbelaubte Zweige, deren Blätter von der Spitze herab ein gutes Stück weit fahlgrün geworden waren und schlaff herabhingen. Mitte Juli waren sie braun geworden und der Zweig war ebensoweit von der Spitze herab abgestorben.

Anfang bis Mitte Juli waren die anfangs Juni noch völlig grünen Zweige bereits braunlaubig und dadurch in Masse in den Birkenkronen auffallend geworden; zunächst hatte es den Anschein, daß eine Pilzkrankheit vorliege. Genauere Besichtigung zeigte aber nur, als das Welken im Juni begann, an der Basis der welkenden Zweigpartie einen braunen Ring toter Rinde.

Es wurden nun photographische Aufnahmen von drei in verschiedenem Stadium des Welkens und der Verfärbung stehenden Zweigen gemacht; dann erst begann die Sektion der Zweige in Längsschnitten, besonders an der Basis der befallenen Sprosse. Hier fand sich schon

Anfang Juni 1923 eine Hülle in einer Bastwiege an der gebräunten Astbasis. Es konnte nun auf einen Käfer geschlossen und die einschlägige Literatur zu Rate gezogen werden. So kam ich auf den Prachtkäfer, *Agrilus betuleti* Ratzb.

Ratzeburg sagt: *Buprestis Betuleti* häufig an jungen Birken und gibt sonst nur noch die Beschreibung des Käfers S. 57 und Tafel II. Fig. 4 in „Die Forst-Insekten“, I. Teil, Die Käfer 1837. —.

Über diesen „*Agrilus betuleti* Ratzb. in Birke“ findet man in Nüßlins Forstinsektenkunde, 3. Auflage bearbeitet von L. Rhumbler, außer zwei Zeilen in einer Bestimmungstabelle nichts erwähnt als den Namen und die Holzart, wie vorstehend unter Anführungszeichen mit vier Worten zitiert. Auch Dingler in Heß-Beck Forstschutz S. 200 beschränkt sich auf die Worte: „*Agrilus betuleti* Ratzb. Birke“.

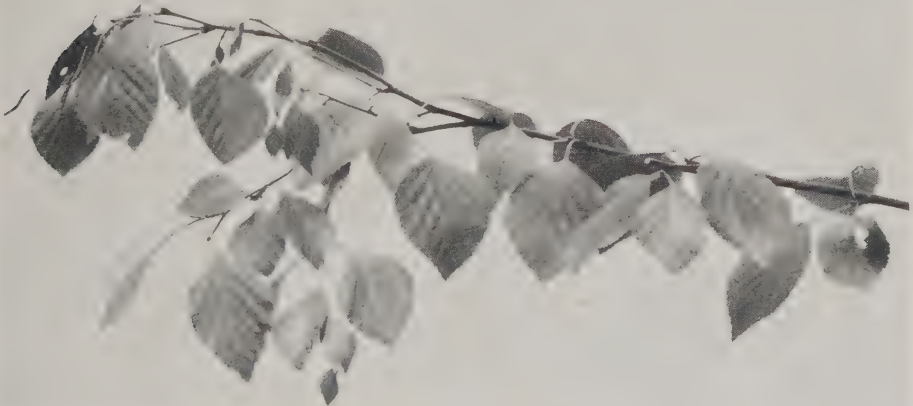


Abb. 1. *Betula papyracea*, gesunder Zweig eines Baumes im forstbotan. Garten Münchens (zwischen dem physikalischen Institut der Universität und dem Gebäude der B. Forstl. Versuchsanstalt (Abt. für Forstbotanik und für Forstzoologie). (Aufn. vom 12. Juni 1929. Abbildung in  $\frac{1}{3}$  nat. Gr.)

Ratzeburg faßte sich auch später sehr kurz und zwar in seiner „Waldverderbnis“, 2. Bd., S. 233, 1868. Er bezieht sich nur auf eine einzige eigene Beobachtung, ohne daß er den Käfer selbst sah.

Altum, Forstzoologie III, 1. Abt. Käfer, S. 137, 1881, gibt außer der Beschreibung der Imagos an: „Die Larve des von Ratzeburg entdeckten Käfers lebt in jungen Birken und hat hier in unserer Gegend wohl einige Stämme zum Kränkeln gebracht oder gar getötet“. Escherich bemerkt (Die Forstinsekten Mitteleuropas (Neuaufll. von Judeich-Nitsche, Lehrb. der mitteleurop. Forstinsektenkunde), 2. Bd., 1. Abt., S. 150, 1923) nur: *Agrilus betuleti* Ratzb. — „In jungen Birken, sel-

tener in Eichen“. Er beschränkt also das Vorkommen auf junge Birken und erweitert es auf Eichen, jedoch ohne nähere Begründung oder Literaturstütze.

Dagegen behauptet er, Ratzeburg zustimmend, daß die *Agrilus*-Arten zwar merklich schädlich werden können, doch mehr, weniger



Abb. 2. Erkrankung von *Betula papyracea* in 3 Stadien von Anfang bis Mitte Juni.

Anfang Juni begann das Welken der Triebe, an deren Basis ein brauner Ring toter Rinde durch Befall seitens des *Agrilus Betuleti* entstanden war. Anfang Juli waren die fahlgrünen Blätter gewelkt und hängend. Dann wurden sie braun, schrumpften immer mehr und die Triebe senkten sich. Die nicht befallene Zweigbasis behielt normale Blätter.

sekundär auftraten, indem sie jedenfalls schwächliche Pflanzen gesunden, saftstrotzenden vorzögen. Als Vorbeugungsmittel empfiehlt er die Erziehung recht kräftiger Pflanzen, weil die Käfer unterdrückte



und kränkelnde vorzögen, ferner rechtzeitige und kräftige Durchforstung, ferner: „Wo Gefahr im Verzug ist, kann man es eventuell mit einem Schutzanstrich versuchen. Als solcher wird eine Mischung von Lehm, Kalk und Kuhmist (2 : 1 : 1) empfohlen, mit der von Mitte Mai bis Juli die Stämmchen bis zur Krone hinauf bestrichen werden“. — Außerdem bleibt als wichtigstes Bekämpfungsmittel stets die radikale Entfernung alles befallenen Materiales und zwar vor dem Ausfliegen des Käfers, also spätestens im Monat Mai . . . . —.

Auch Reh gibt im „Handbuch für Pflanzenkrankheiten“, Bd. 5, 1932, S. 140, nur an: In Birken verursacht *A. Betuleti* F. ähnliche Gänge wie *Agromyza carbonaria*. Aber auch bei diesem Insekt gibt Reh S. 6, l. c. nur drei Zeilen an, obwohl er meine Abhandlung in Naturw. Zeitschr. für Forst- und Landwirtschaft, Bd. 6, S. 235—241, mit 4 Abb., anführt. Ich kann eine solche Ähnlichkeit im Larven-Fraßgang nicht finden. Im übrigen lebt *Agromyza* meist in Vertikal-Stämmen und Ästen, *Agrilus* aber (abgesehen von jungen Pflanzen) in dem horizontalen oder schrägen oder hängenden Astwerk der Kronen von Birken.

Es war also für mich nicht die Möglichkeit geboten, aus der Literatur und durch persönliche Erkundigung näheres über das Wirken und Leben des *Agrilus betuleti* Ratzb. zu erfahren, weshalb ich durch Mitteilung eigener Beobachtung zu weiterem Studium dieses Schädling und seiner Wirkung auf die Wirtspflanze anregen möchte.

Für die meisten *Agrilus*-Arten wird eine 2—3jährige Entwicklungsdauer angenommen und Arten mit einjähriger Entwicklung sind gar nicht bekannt.

Trotzdem scheint mir die Entwicklung des Birkenprachtkäfers eine kurze zu sein.

*Agrilus Betuleti* Ratzb. ist erst von Ratzeburg als besondere Art abgespalten worden. Er sieht aber nach Ratzeburgs Abbildungen sowohl *angustula* wie *laticornis* (auch *rugicollis* und auch *Fagi*) außerordentlich ähnlich.

Escherich führt nur bei *viridis* L. an, daß die große Variabilität dieser Art zur Zusammenfassung von mehreren früher und besonders von Ratzeburg als Arten unterschiedenen *Agrilus*-Varietäten geführt habe.

So zählt man zu *viridis* die Varietäten *nocivus* Ratz., *linearis* F., *fagi* Ratz. und *ater*, die sich besonders durch die Farbe unterscheiden.

Escherich schließt sich Ratzeburg und Strohmeier<sup>1)</sup> an, daß die *Agrilus*-Arten nur durch Alter, Hochwasser oder Trockenheit etc. geschwächte Bäume angehen. Trotzdem zählt er sie zu den merk-

<sup>1)</sup> Strohmeier. Kleine Beobachtungen über verschiedene Buprestiden. I. *Agrilus biguttatus*. Entomol. Bl. 1912, S. 249.

lich, wenn nicht zu den sehr schädlichen Forstinsekten, da sie ganze Bestände gefährden könnten.

Demnach empfiehlt Escherich: Erziehung kräftiger Pflanzen, da unterdrückte und kränkelnde Stämme die Käfer am meisten anziehen; rechtzeitige und gründliche Durchforstung; radikale Entfernung alles befallenen Materiales vor dem Flugmonat Mai, eventuell Schutzanstrich von Stämmchen.

Bei *Betuleti* Ratz. wird nur angegeben, daß er an jungen Birken, seltener an Eichen vorkomme.

Immerhin wird an dieser von Ratzeburg abgespaltenen Art festgehalten.

Ebenso führt sie Nüßlin-Rhumbler, ohne sie auch nur mit einem Worte weiter zu würdigen, in der Bestimmungstabelle als Art an.

Es scheint mir daher gut, wenn diese Art einerseits systematisch, anderseits biologisch genauer studiert und auf verschiedenen Holzarten künstlich kultiviert würde.

Dieser Anregung möchte ich meine Beobachtungen anfügen.

Im forstbotanischen Garten zwischen Universität und Forstl. Versuchsanstalt in München stehen im Birkenquartier noch einige Bäume aus der Zeit der ersten Anlage (c. 1880); andere sind jünger. Diese Birken verschiedener Art: *B. nigra*, *papyracea*, *pubescens*, *verrucosa* etc. leiden seit Dezennien an einer eigenartigen Krankheit. Ebenso ist es bei Birkenbäumen in anderen Hausgärten Münchens, z. B. in den vom Parke des Prinzen Leopold seinerzeit abgetrennten und zum Teile bebauten, zum Teil als Hausgärten erhaltenen Streifen zwischen Friedrich- und Kurfürstenstraße, besonders in den Gärten, die noch von Konrad- und Hohenstaufenstraße begrenzt sind. Hier hat sich die Krankheit seit einigen Jahren auf den zahlreichen Birkenbäumen (*Betula verrucosa*) sehr stark ausgebreitet.

#### Äußere Erscheinung des Krankheitsbildes.

Die im Mai an allen Ästen völlig normal ergrünzten Zweige der ganzen Krone lassen zu dieser Zeit absolut nicht auf irgend eine Schwächung oder gar auf eine Erkrankung schließen. Die Birken stehen im kiesigen Gartenboden in einzelnen freiständigen Exemplaren. Das Land wird im ganzen Sommer reichlich gespritzt und alle anderen Holzarten, besonders Pappeln, Buchen, Hainbuchen, Eichen etc., gedeihen gut. Erst wenn die sogenannten Maitriebe ausgewachsen sind und die Blätter sich entfaltet haben, bemerkt man da und dort ein leichtes Welken der grünen Blätter einzelner Zweigsysteme. Diese Erscheinung tritt



allmählich immer mehr in den Birkenkronen auf, das Welken nimmt zu und endlich vergilben die Blätter und bräunen sich, vertrocknend und absterbend; auch die Zweige trocknen ab, denn von ihnen geht ja der Prozeß des Welkens aus. Es ist in der Regel die Gabelstelle von zwei Ästchen, an der man die Grenze des gesunden und des kranken Astteiles findet. Scharf trennt sich hier das absterbende Astsystem von dem rückwärts gelegenen, gesundbleibenden.

Diese Stelle ist es also, an der man die Veranlassung der Erkrankung suchen muß. Schneidet man hier vorsichtig das Ästchen an, so bemerkt man, daß auf ganz kleinem Bezirk sich Rinde und Bast gebräunt hat und daß hier eine junge Käferlarve im Parenchym der Rinde liegt und angefangen hat, sich einen Gang zu fressen. Dieser Gang oder Platz reicht schwach bis ins junge Maiholz hinein. Am Ende des Phänomens bleibt nur noch ein Flugloch, aus dem der Veranlasser ausgeflogen ist und man findet einen kurzen Längsgang in Rinde, Bast und Jungholz und einen breiten, ausgehöhlten Platz.

Kommt man aber früher, so kann man den oder die Käfer antreffen.

Man kann feststellen, daß dieser Käfer nicht auf junge Birkenpflanzen beschränkt ist, daß er aber auf diesen, besonders bei starkem Befall am ehesten schädlich werden könnte. Daß er auf Eichen und andern Holzarten auch aufträte, habe ich nicht bemerkt, obwohl hier Laubholzarten von den Amentaceen angefangen bis zu den Prunoiden in zahlreichen Arten und Exemplaren nahe den Birken vorhanden sind.

Hier haben sich die Entomologen vielleicht doch in der Holzart geirrt. Die Birken sind ja reich an Blattvariationen, wie die eingeklammerten Namen zeigen (*ulmifolia*, *corylifolia*, *carpinifolia*, *persicifolia*, *populifolia*). Es kann aber auch sein, daß die *Agrilus*-Art falsch bestimmt wurde. Auf Eichenheistern sind *Agrilus angustulus*, *elongatus*, *subauratus*, *coeruleus*, dieser auch in Buchen, Erlen, Birken angegeben<sup>1)</sup>. Jedenfalls scheint noch weiteres Studium angezeigt, insbesondere mit künstlichen Kulturen.

Auf Häßlichkeit, welche bei Parkbirken durch das Erscheinen zahlreicher braunblättrig und daher krank erscheinender Äste alljährlich hervorgerufen wird, sei erstmals, aber ausdrücklich hingewiesen. Für viele Parkbesitzer hat der plötzliche Eindruck auch etwas Beängstigendes.

---

<sup>1)</sup> Escherich, Forstinsekten Mitteleuropas, Bd. II, 1923, S. 150.



## Berichte.

### II. Krankheiten und Beschädigungen.

#### B. Parasitäre Krankheiten verursacht durch Pflanzen.

##### 1. Durch niedere Pflanzen.

###### d. Ascomyceten.

Die Praxis der Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen der Zierpflanzen. Von Dr. Heinrich Pape, Regierungsrat an der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Zweigstelle Kiel. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 8 farbigen Tafeln und 303 Textabbildungen. Verlag von Paul Parey in Berlin SW 11, Hedemannstraße 28–29. Geb. RM. 18.—.

Das Buch von Pape erschien in erster Auflage Anfangs 1932. Wir haben es eingehend besprochen und anerkannt unmittelbar nach seinem Erscheinen (S. 90, Z. f. Pflznkr.). Da es schon nach kaum 3 Jahren vergriffen war, konnte jetzt nach 4 Jahren bereits die zweite Auflage erscheinen — ein Zeichen, daß das Buch eine Lücke ausfüllt und daß das Publikum, für welches es hauptsächlich geschrieben ist, sich als dankbarer Abnehmerkreis erwiesen hat. Dieses Publikum sind vor allem die Gärtner unserer Zierpflanzen und die Freunde, Heger und Pfleger dieser besonderen Gruppe unserer Kulturpflanzen. Unter gärtnerischen Zierpflanzen sind nicht nur Freilandpflanzen zu verstehen, sondern auch die empfindlicheren Bewohner der Gewächshäuser. Alle diese im Warmhaus, Kalthaus, Garten und in Anlagen gezogenen Zierpflanzen, mit denen sich unsere Gärtnerei beschäftigt, verlangen eine weitgehende Kenntnis ihrer Lebensbedingungen, was besonders bei fremdländischen Pflanzen viel heißen will; sie erkranken durch Fehler in der Warmhaltung, Beleuchtung und Schattierung wie in der Wasserversorgung vom Boden aus als auch im Wassergehalt der Luft direkt und durch entsprechende Begünstigung der Feinde indirekt. Den Krankheiten vorzubeugen, ist aber ebenso wichtig wie sie zu heilen. Pape hat diese außerordentliche Vielseitigkeit wie die Wahl der künstlichen Bekämpfungsmittel wohl überlegt und berücksichtigt. Ein Blick in das umfangreiche Inhaltsverzeichnis gibt davon Kunde. Bei den Feinden und Schädlingen der behandelten Kulturpflanzen sind neben den nichtparasitären Krankheitsursachen, Tiere und Pflanzen zu berücksichtigen. Wir sind im allgemeinen gewohnt, daß die tierischen Feinde von zoologischen Spezialforschern, die pflanzlichen von botanischen Pathologen behandelt werden. Pape hat aber bei jeder Zierpflanze alle Schädigungen, also auch alle schädlichen Tiere wie Pflanzen zusammen behandelt, also auch ohne dem System der Tiere und Pflanzen zu folgen. Hiedurch war er in der Lage, die zu schützenden und zu pflegenden Zierpflanzen in einer rein mechanischen Anordnung, nämlich nach dem Alphabete anzuordnen.

Der Verlag hat alles aufgeboten, die Illustration mustergültig zu gestalten. Bestes, kräftiges, weißes und glattes Kunstdruckpapier und gute Autotypen wie Strichätzungen schmücken reichlich den Text. Außerdem sind zerstreut sehr schöne farbige Tafeln auf besonderen Blättern beigeheftet. Der Text ist, wenn auch manchmal etwas sparsam, klar und präzise geschrieben.

Das Buch steht in erster Reihe pathologischer Lehrmittel für die Gärtnerei und die vielen Freunde und Liebhaber unserer zahllosen Zierpflanzen aus Nah und Fern.

Tubeuf.